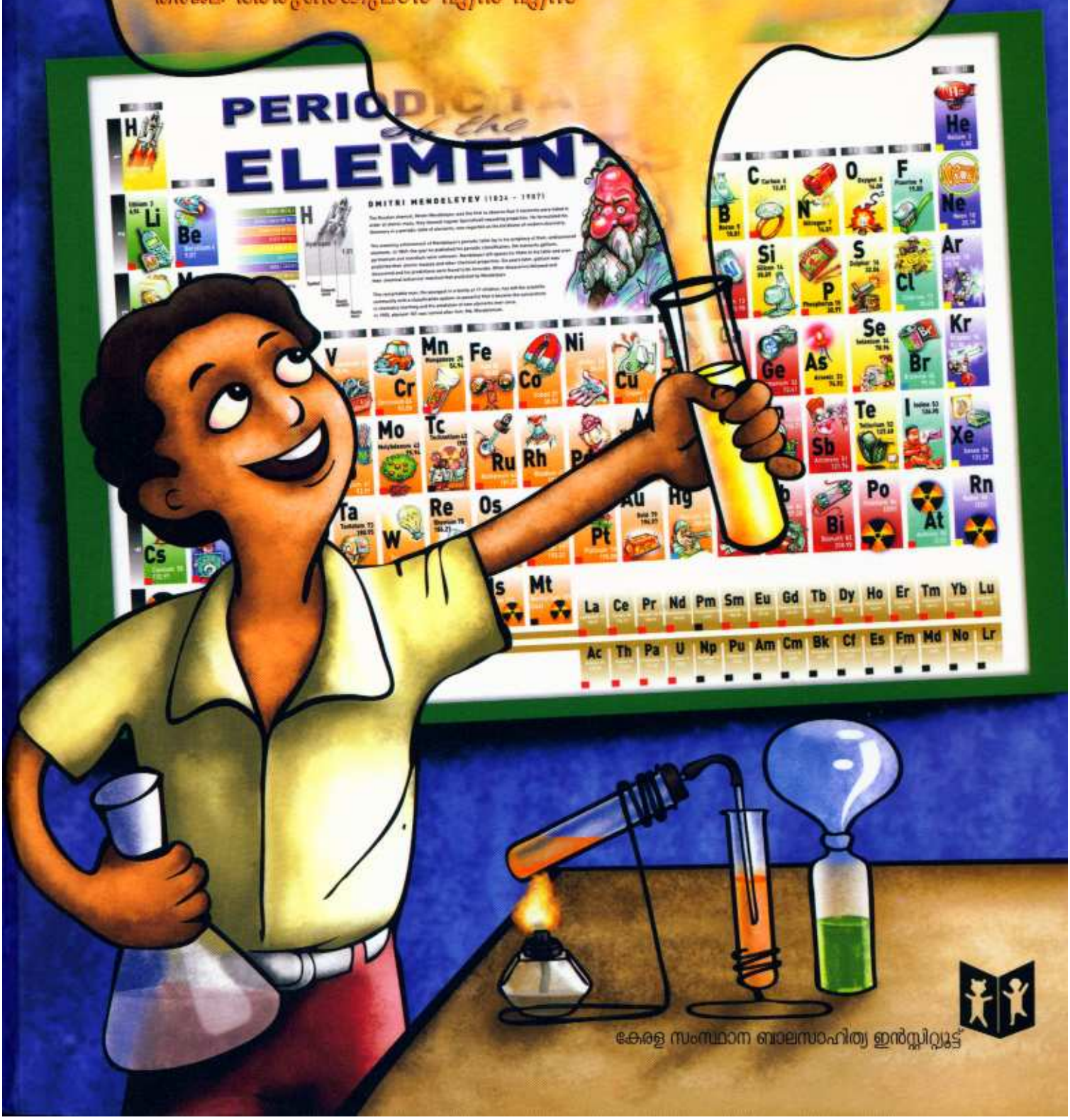
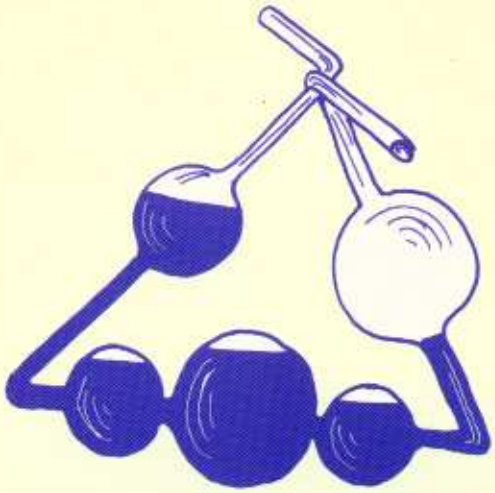
രസതന്ത്രത്തിന്റെ കഥ

അനിർബൻ ഹസ്ര
ചിത്രങ്ങൾ: മധുവന്തി അനന്തരാജൻ
തർജമ: അരുൺകുമാർ എൻ എസ്



കേരള സംസ്ഥാന ബാലസാഹിത്യ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട്



First Edition 2011
ISBN 978-81-8494-155-5 695/ E1 ₹ 50.00

Rasathanthrathinte Kadha (*Malayalam*)
Science

This edition © Kerala State Institute of Children's Literature, Thiruvananthapuram

Published by Rubin DCruz, Director, Kerala State Institute of Children's Literature, Sanskrit College Campus, Thiruvananthapuram, Kerala 695034.

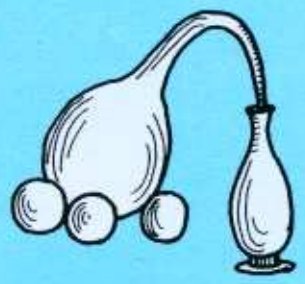
Author	:	Anirban Hazra
Illustration	:	Madhuvanti Anantharajan
Translation	:	N S Arunkumar
Editor	:	Radhika Devi TR
Cover & Design	:	Aruna Alancheri
Production	:	Subin K Subhash

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or used in any form or by any means — graphic, electronic or mechanical — without the prior written permission of the publisher.

Printed at St. Joseph's Press, Thiruvananthapuram.

Kerala State Institute of Children's Literature
www.ksicl.org

രസതന്ത്രത്തിന്റെ കഥ



അനിർബൻ ഹസ്ര

ചിത്രങ്ങൾ : മധുവന്തി അനന്തരാജൻ

തർജമ : അരുൺകുമാർ എൻ എസ്

കേരള സംസ്ഥാന ബാലസാഹിത്യ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട്

ആമുഖം

രസതന്ത്രത്തിന്റെ തുടക്കം മുതൽ ആധുനിക ശാസ്ത്രമെന്ന നിലയിലേക്കുള്ള അതിന്റെ വളർച്ച വരെയുള്ള കഥ പറയുന്നതാണ് ഈ പുസ്തകം. സ്കൂൾ വിദ്യാർത്ഥികൾക്കും സാധാരണ വായനക്കാർക്കുമായി രസതന്ത്രത്തിന്റെ ചരിത്രം ലളിതമായി വിവരിക്കുകയാണ് ഇതിന്റെ ലക്ഷ്യം. ചിത്രങ്ങൾ സഹിതമുള്ള കഥാരൂപത്തിലുള്ള ഇതിന്റെ അവതരണം വായനക്കാർക്ക് ആസ്വാദ്യമാകുമെന്നാണ് പ്രതീക്ഷ. ഇതിന്റെ ഉള്ളടക്ക സംവിധാനത്തിൽ ഞങ്ങൾ കുറച്ചു സ്വാതന്ത്ര്യമെടുത്തിട്ടുണ്ട്. ഉദാഹരണമായി, പുസ്തകത്തിലെ ഉദ്ധരണികളായി ചേർത്തിരിക്കുന്നവ ശാസ്ത്രജ്ഞർ പറഞ്ഞ വാചകങ്ങൾ അതുപോലെ എടുത്തെഴുതിയവയായിരിക്കില്ല. കൂടുതൽ ഗൗരവതരമായ വായന ആഗ്രഹിക്കുന്നവർക്ക് ഹെൻറി എം ലെയ്സെസ്റ്റ (Henry M. Leicester) റിന്റെ 'ദ ഹിസ്റ്റോറിക്കൽ ബാക്ഗ്രൗണ്ട് ഓഫ് കെമിസ്ട്രി' (The Historical Background of Chemistry) എന്ന പുസ്തകം വായിക്കാവുന്നതാണ്.

ഈ പുസ്തകത്തിന്റെ രൂപകല്പന, ചിത്രീകരണം, ഉള്ളടക്ക സംവിധാനം, ഡിജിറ്റലീകരണം എന്നിവ നിർവഹിച്ചത് മധുവന്തി അനന്തരാജനാണ്. എന്റെ അഭിപ്രായത്തിൽ, പുസ്തകത്തിന്റെ സംവിധാനം സംബന്ധിച്ചുള്ള എന്റെ നിർദേശങ്ങളോട് അവർ പുലർത്തിയ യോജിപ്പും വിയോജിപ്പും ഇതിന്റെ ഗുണമേന്മ വർധിപ്പിക്കുന്നതിൽ വളരെയധികം സഹായകമായിട്ടുണ്ട്. ഈ ശ്രമങ്ങളിൽ അവർ പുലർത്തിയ അത്ഭുതാവഹമായ സഹകരണത്തിന് ഞാൻ നന്ദിയുള്ളവനായിരിക്കും.

അനവധിപേരുടെ സഹായസഹകരണങ്ങളിലൂടെയാണ് ഈ പുസ്തകം യാഥാർത്ഥ്യമായത്. ഇന്റർ യൂണിവേഴ്സിറ്റി സെന്റർ ഫോർ അസ്ട്രോണമി ആന്റ് അസ്ട്രോഫിസിക്സ് (IUCAA) ലെ സയൻസ് സെന്ററിലുള്ള അരവിന്ദ് ഗുപ്തയുടെ സഹവർത്തിത്വം ഇതിനുള്ള മുഖ്യചാലകശക്തിയായി വർത്തിച്ചിരുന്നു. ഗ്രന്ഥകാരനേയും ചിത്രകാരനേയും കണ്ടെത്തുന്നതുമുതൽ പ്രസാധകനുമായി ബന്ധപ്പെടുക, പ്രസിദ്ധീകരണത്തിനാവശ്യമായ ധനസഹായം ഏർപ്പെടുത്തുക തുടങ്ങിയ കാര്യങ്ങൾ എറ്റെടുത്തു നടത്തിയത് അരവിന്ദ് ഗുപ്തയാണ്. ഇതുകാരണം എഴുത്ത്, പുസ്തകത്തിന്റെ രൂപകൽപ്പന എന്നിവയിൽ പൂർണമായും ശ്രദ്ധ കേന്ദ്രീകരിക്കാൻ കഴിഞ്ഞു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ സഹായമില്ലായിരുന്നെങ്കിൽ ഈ പുസ്തകം പ്രസിദ്ധീകരിക്കപ്പെടില്ലായിരുന്നു.

ഈ പുസ്തകത്തിന്റെ സിംഹഭാഗവും പൂർത്തീകരിക്കപ്പെട്ടത് ഐ യു സി എ എ യിലെ സയൻസ് സെന്ററിലാണ്. വിഠുല മ് ഹെയ്സ്കർ, അശോക് റൂപ്നെർ, സമിർ ഥുർഡെ, അരവിന്ദ് പരഞ്ജ് പൈ തുടങ്ങിയവർക്ക് ഞങ്ങളുടെ നന്ദി രേഖപ്പെടുത്തുന്നു. ചിത്രീകരണങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ കൂടുതൽ ശ്രദ്ധചെലുത്തിയതിനും പുസ്തകത്തിന്റെ അവസാനം ചേർത്തിരിക്കുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ ആവർത്തനപ്പട്ടിക തയ്യാറാക്കിയതിനും വിഠുലയോട് പ്രത്യേകമായ നന്ദി രേഖപ്പെടുത്തുന്നു.

അവന്തി സേത് റാബെൻഹോജ്, എൻ മഹാദേവൻ, വേണു ഗോവിന്ദു, സെണാലി ഷാ, അമൃതാ ഷാ എന്നിവർക്ക് ഇതിന്റെ എഡിറ്റിങ് നിർവഹിച്ചതിനും പരിഷ്കരണങ്ങൾ നിർദേശിച്ചതിനും നന്ദി രേഖപ്പെടുത്തുന്നു. ശാസ്ത്രജ്ഞരായ എന്റെ മാതാപിതാക്കൾ ഈ പുസ്തകത്തിനായി നിരന്തരമായ പ്രചോദനം നല്കുകയും വിലപ്പെട്ട നിർദേശങ്ങൾ പകരുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. നന്നേ ചെറുപ്പത്തിൽത്തന്നെ, രസതന്ത്രത്തിൽ താത്പര്യം വളർത്തുന്നതിന് സഹായിച്ച അവർക്കും നന്ദിരേഖപ്പെടുത്തുന്നു.

അനിർബൻ ഹസ്റ

പൂനെ, ഇന്ത്യ, 2006

രസതന്ത്രം

യഥാർത്ഥത്തിൽ നമുക്ക് ചുറ്റിലുമായാണ് സംഭവിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നത്. സൂര്യൻ നമുക്ക് ചൂടും വെളിച്ചവും പകരുന്നതും വൃക്ഷങ്ങൾ വളരുന്നതും ജന്തുക്കൾ ആഹാരം കഴിക്കുന്നതുമെല്ലാം രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ തന്നെയാണ്. നമ്മുടെ ശരീരത്തിനുള്ളിൽപ്പോലും എത്രയെത്ര രാസപ്രവർത്തനങ്ങളാണ് നടക്കുന്നതെന്നോ? ദഹനപ്രക്രിയ, കാഴ്ച, സ്പർശം, വളർച്ച, പ്രായമാകൽ തുടങ്ങിയവയെല്ലാം രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

ഈ പ്രവർത്തനങ്ങളെല്ലാം ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങളായി നടന്നുവരുന്നുവയാണെങ്കിലും, നാം അവയെ ഇന്നറിയുന്ന തരത്തിൽ മനസ്സിലാക്കാൻ തുടങ്ങിയത് അടുത്തകാലത്താണ്. ഇതിന് സഹായിച്ച ശാസ്ത്ര ശാഖയാണ് രസതന്ത്രം അഥവാ കെമിസ്ട്രി (Chemistry).

ദ്രവ്യത്തെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്ന ശാസ്ത്രശാഖയാണ്

രസതന്ത്രം

ദ്രവ്യത്തിന്റെ ഘടനാപരമായ സവിശേഷതകളും പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഗുണവിശേഷങ്ങളും അവയ്ക്കുണ്ടാവുന്ന മാറ്റങ്ങളെയും കുറിച്ച് പഠിക്കുകയാണ് അതിന്റെ ലക്ഷ്യം.

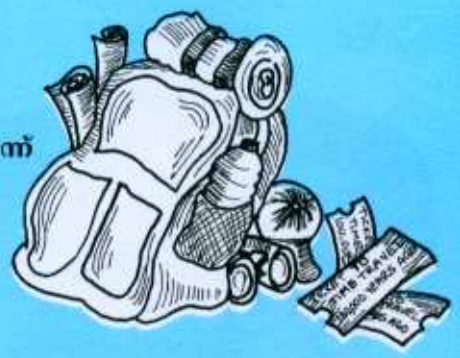
രസതന്ത്രത്തിന്റെ പ്രധാനപ്പെട്ട മറ്റൊരു വശം മനുഷ്യന് അതുകൊണ്ടുള്ള പ്രയോജനങ്ങളാണ്. നിത്യജീവിതത്തിൽത്തന്നെ ഇതിന്റെ പ്രഭാവം നമുക്ക് അനുഭവിച്ചറിയാനാവും. ലോഹങ്ങൾ, നിർമാണസാമഗ്രികൾ, സോപ്പ്, മരുന്നുകൾ, പേപ്പർ, പ്ലാസ്റ്റിക് അങ്ങനെ എന്തെല്ലാം....

ഇവയ്ക്കൊപ്പം ബോംബുകളെക്കുറിച്ചും പറയാതിരിക്കുക വയ്യ, രാസപ്രവർത്തനങ്ങളാണ് ബോംബുകളിലും നടക്കുന്നത്.

രസതന്ത്രമേഖലയിലെ ഗവേഷണം ഇന്ന് വളറെയേറെ വികാസം പ്രാപിച്ചിരിക്കുന്നു. പദാർത്ഥങ്ങൾ എങ്ങനെയാണ് രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിലേർപ്പെടുന്നതെന്ന കാര്യം കൂടുതൽ വ്യക്തമായി മനസ്സിലാക്കാനും നൂറുകണക്കിന് പുസ്തകങ്ങളിലെ വിജ്ഞാനശേഖരം എങ്ങനെ ഒരു ചെറിയ സിലിക്കൺ ചിപ്പിൽ ഒതുക്കാമെന്ന് പഠിക്കാനും പരിസ്ഥിതിക്ക് ദോഷം വരുത്താത്ത തരത്തിലുള്ള ഊർജോൽപാദനം എങ്ങനെ സാധ്യമാക്കാമെന്ന് കണ്ടെത്താനും പുതിയ ഊർജസ്രോതസ്സുകൾ കണ്ടെത്താനും പ്രത്യേക ആവശ്യങ്ങൾക്കായുള്ള ഔഷധങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കാനും ഇന്നത്തെ രസതന്ത്ര ഗവേഷണം സഹായിക്കുന്നു.

ഇന്നത്തെ ഈ അവസ്ഥയിലേക്കെത്താൻ, രസതന്ത്രത്തിന് അതിന്റെ പഴയ കാലത്തുനിന്ന് ബഹുദൂരം സഞ്ചരിക്കേണ്ടിവന്നിട്ടുണ്ട്.

രസതന്ത്രത്തിന്റെ രസകരമായ ആ ചരിത്രത്തെക്കുറിച്ചുള്ള അന്വേഷണമാണ് ഈ പുസ്തകം 100,000 വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പു നിന്ന് നമുക്ക് തുടങ്ങാം.



ചരിത്രാതീതകാലം മുതൽക്കേ മനുഷ്യൻ തീ ഉപയോഗിച്ചിരുന്നു. ഇതും ഒരു രാസ പ്രവർത്തനം തന്നെയാണ്! തീയുടെ ഉപയോഗം മനുഷ്യന്റെ അതിജീവനത്തെ വളരെയധികം സഹായിച്ചു. ഹിംസ്രജന്തുക്കളെ അകറ്റാനും തണുപ്പിൽ ചൂടുപകരാനും ഭക്ഷണം പാകം ചെയ്യാനും തീ പ്രയോജനകരമായിരുന്നു.

എന്നാൽ,ഭക്ഷണം പാകം ചെയ്യുന്നതു കൂടാതെ തീ കൊണ്ട് മറ്റു പ്രയോജനങ്ങൾ ഉണ്ടെന്നു പിന്നീടെപ്പോഴോ മനസ്സിലാക്കപ്പെട്ടു.

ബി സി 5,000

അക്കാലത്ത് സംഭവിച്ചിരിക്കാനിടയുള്ള ഒരു സംഭാഷണം ശ്രദ്ധിക്കൂ...

ആദിമമനുഷ്യൻ 1: തീ കൂട്ടിയതിനിടയിലുള്ള ഈ നനവുള്ള കളിമണ്ണ് നോക്കൂ... അത് നല്ല ഉറപ്പുള്ളതായിരിക്കുന്നു! വെള്ളത്തിൽ ഒഴുകിപ്പോവുന്നുമില്ല!

ആദിമമനുഷ്യൻ 2: ഒരു സൂത്രം തോന്നുന്നു! നമുക്ക് ഈ കളിമണ്ണ് കുഴച്ച് കുഴിവുള്ള രൂപമുണ്ടാക്കിയശേഷം തീയിലിട്ടാലോ? അതിനുള്ളിൽ എന്തെങ്കിലുമൊക്കെ സൂക്ഷിച്ചു വയ്ക്കാൻ കഴിയും.

അങ്ങനെയാണ് ആദ്യത്തെ മൺപാത്രം രൂപമെടുത്തത്. മൺപാത്രങ്ങൾ സ്ഥിരമായി നിർമിക്കാനായി 'ചൂള' (kiln) യും സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടു. വിറക് കത്തിക്കുന്നതിലൂടെ ഉയർന്ന ചൂട് സ്ഥിരമായി നല്കുന്നതിനുള്ള സംവിധാനമായിരുന്നു അത്.

ഒരിക്കൽ, കലാകാരനായ ഒരു മൺപാത്രനിർമാണക്കാരൻ, തീയിലേക്കിടുന്നതിനുമുമ്പ് അതിൽ പച്ചനിറത്തിലുള്ള ചെറിയ വെള്ളാരംകല്ലുകൾ ഒട്ടിച്ചുവച്ചു. തീയിൽ നിന്നെടുത്തപ്പോൾ, ഹാ! അതിശയകരമായ ഒരു മാറ്റം സംഭവിച്ചിരിക്കുന്നു:

വെള്ളാരംകല്ലുകൾ ഉരുകി, തിളക്കമുള്ളവയായിത്തീർന്നിരിക്കുന്നു!

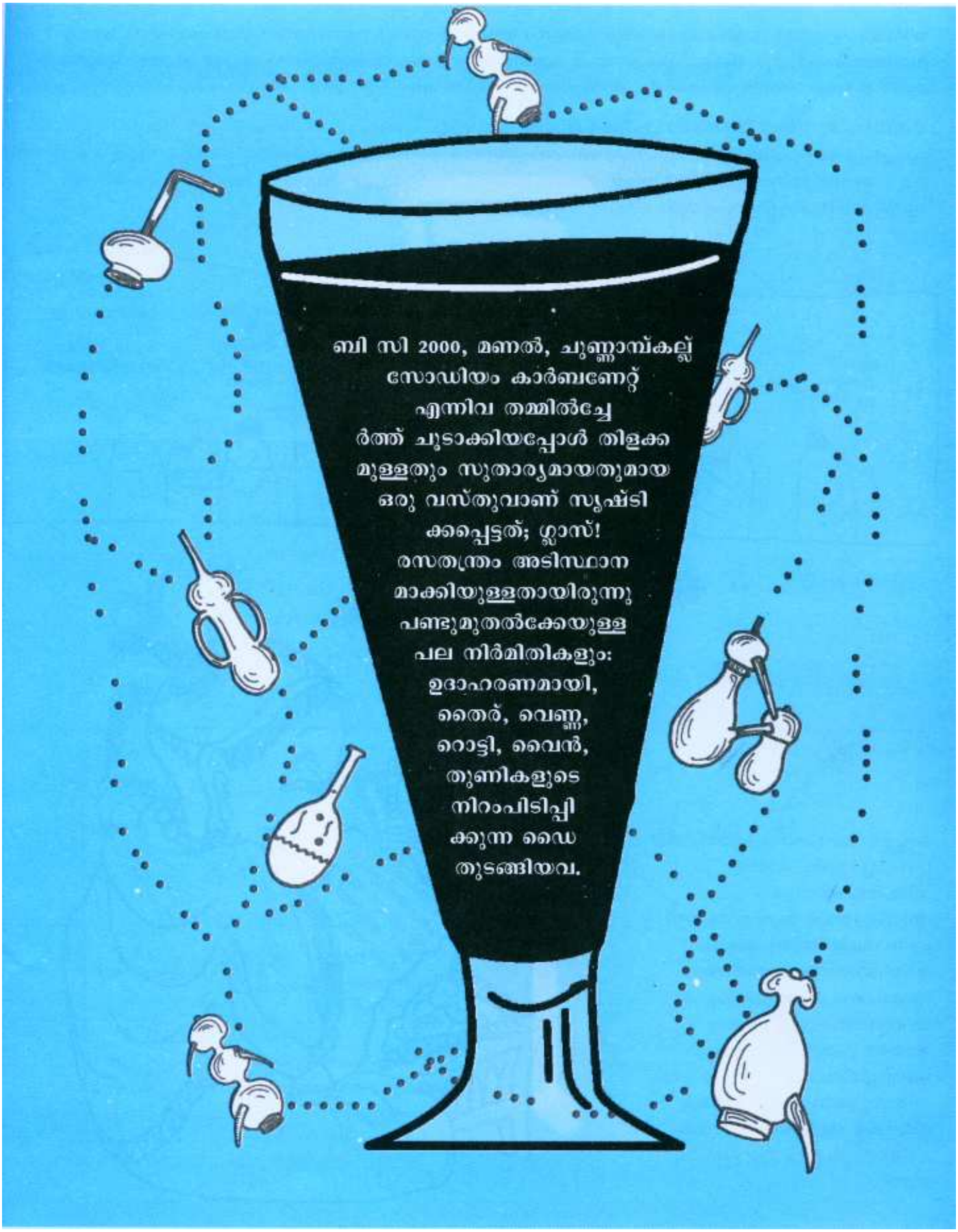
യഥാർത്ഥത്തിൽ അവ വെള്ളാരംകല്ലുകളായിരുന്നില്ല, അവ ലോഹ അയിരുകളായിരുന്നു. ചൂളയ്ക്കുള്ളിലെ വായുമണ്ഡലത്തിന്റെ കുറവ് അവ **ലോഹ**മായി മാറുവാൻ കാരണമാകുന്നു.

ഇത്തരത്തിൽ കൂടുതൽ നിറമുള്ള കൂടുതൽ കല്ലുകൾ ശേഖരിച്ച് ചൂളയിൽ നിക്ഷേപിച്ചതിലൂടെ കൂടുതൽ ലോഹം വേർതിരിക്കപ്പെട്ടു. അവയുടെ ഗുണവിശേഷങ്ങളാവട്ടെ വളരെ വിചിത്രവും.

ഈ തിളക്കമുള്ള സാധനം കൊള്ളാമല്ലോ! കല്ലുപോലെ എളുപ്പം പൊട്ടിപ്പോവുന്നില്ല. അടിച്ചു പരത്താനും ആവശ്യമായ ഏതു രൂപത്തിലേക്കു മാറ്റിയെടുക്കാനും കഴിയുന്നുമുണ്ട്.

അലങ്കാരാവശ്യങ്ങൾക്കും ഉപകരണങ്ങൾ നിർമിക്കുന്നതിനുമാണ് ലോഹങ്ങൾ വ്യാപകമായി ഉപയോഗിച്ചിരുന്നത്. പദാർത്ഥങ്ങൾ വിവിധ അനുപാതങ്ങളിൽ ചൂളയിൽ ഇട്ട് ചൂടാക്കുന്നതിലൂടെ ലോഹങ്ങൾ വേർതിരിക്കപ്പെട്ടു.

ആദ്യകാലങ്ങളിൽ ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടവയിൽ മിക്കവയും ലോഹസങ്കരങ്ങളായിരുന്നു. ചെമ്പിന്റെയും വെളുത്തീയത്തിന്റെയും മിശ്രിതമായ വെങ്കലമായിരുന്നു. ഏറ്റവുമധികം ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ട ലോഹസങ്കരം.



ബി സി 2000, മണൽ, ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്
സോഡിയം കാർബണേറ്റ്
എന്നിവ തമ്മിൽച്ചേ
ർത്ത് ചൂടാക്കിയപ്പോൾ തിളക്ക
മുള്ളതും സുതാര്യമായതുമായ
ഒരു വസ്തുവാണ് സൃഷ്ടി
ക്കപ്പെട്ടത്; ഗ്ലാസ്!
രസതന്ത്രം അടിസ്ഥാന
മാക്കിയുള്ളതായിരുന്നു
പണ്ടുമുതൽക്കേയുള്ള
പല നിർമിതികളും:
ഉദാഹരണമായി,
തൈര്, വെണ്ണ,
റൊട്ടി, വൈൻ,
തുണികളുടെ
നിറംപിടിപ്പി
ക്കുന്ന ഡൈ
തുടങ്ങിയവ.

ജീവിതം കൂടുതൽ സുഖകരമാക്കാനും ഭക്ഷണം കൂടുതൽ രുചിയുള്ളതാക്കാനുമാണ് മനുഷ്യൻ കലയും സാങ്കേതികവിദ്യയും വികസിപ്പിച്ചെടുത്തത്. എന്നാൽ ഇവയുടെ വികാസത്തിന് മറ്റൊരു കാരണവുമുണ്ടായിരുന്നു-ഈ പ്രതിഭാസങ്ങളെക്കുറിച്ച് അറിയാനുള്ള ജിജ്ഞാസ.

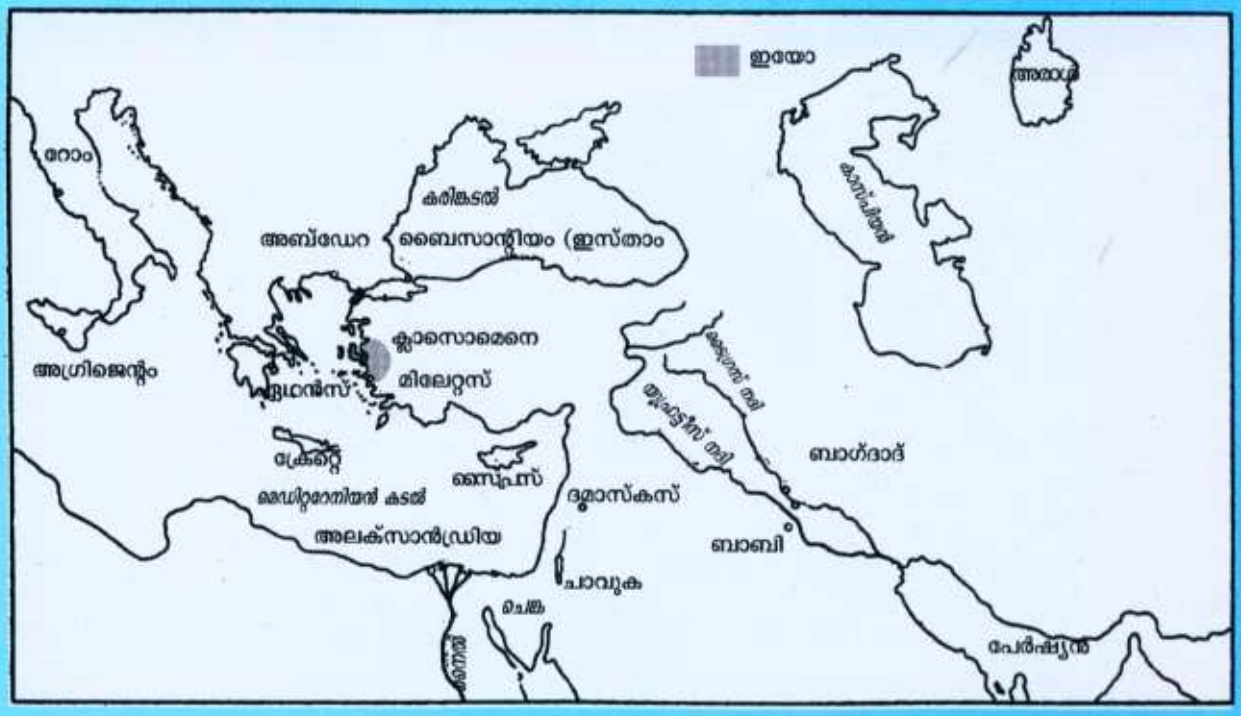
ദൈവം, ഭൂതം-പ്രേത-പിശാചുക്കൾ എന്നിവയുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ടാണ് ആദ്യകാലങ്ങളിൽ പ്രകൃതി പ്രതിഭാസങ്ങളെ മനസ്സിലാക്കാൻ ശ്രമിച്ചിരുന്നത്. ഗോത്രവർഗക്കാർക്കിടയിൽ പൂജാരികളും മന്ത്രവാദികളും വൈദ്യന്മാരും ഇതിനായി നിയോഗിക്കപ്പെട്ടിരുന്നു. അഭൗമശക്തികളുമായി അടുപ്പം സ്ഥാപിക്കലും അവയെ പ്രീതിപ്പെടുത്തുകയുമായിരുന്നു അവരുടെ ജോലി.

മനുഷ്യ സംസ്കാരം പുരോഗതി പ്രാപിച്ചതോടെ, ഓരോ നിശ്ചിതവിഭാഗവും നിശ്ചിതജോലി ചെയ്താൽ മതി എന്ന സ്ഥിതിയായി. അധികം കായികാധ്വാനം ആവശ്യമില്ലാത്തവർക്കും ആവശ്യത്തിലേറെ ഒഴിവുസമയം ഉള്ളവർക്കും മാത്രമേ പ്രകൃതിയെക്കുറിച്ച് ചിന്തിച്ചിരിക്കാനായുള്ളൂ. ഇവരായിരുന്നു ആദ്യത്തെ 'ചിന്തകർ.' ഇവരാണ് ആദ്യത്തെ ശാസ്ത്ര സിദ്ധാന്തങ്ങൾക്ക് രൂപം കൊടുത്തത്.

ബി സി ആറാം നൂറ്റാണ്ടിൽ

ഗ്രീക്ക്, ഇന്ത്യൻ, ചൈനീസ് സംസ്കാരങ്ങൾക്ക് കീഴിലാണ് ആദ്യത്തെ രസതന്ത്ര സിദ്ധാന്തങ്ങൾ പിറവിയെടുത്തത്. ഇവയിൽ, ഗ്രീക്കുകാരുടെ സംഭാവനകളാണ് ശരിയായി രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളത്. ഓരോ കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളും നടന്ന കാലവും കൃത്യമായി അറിയാനായിട്ടുണ്ട്. നമ്മൾ ഗ്രീക്കുകാരുടെ സിദ്ധാന്തങ്ങളെ കൂടുതലായി ആശ്രയിക്കുന്നത് ഇതിനാലാണ്.

ഇന്നത്തെ ടർക്കിയുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരത്തുള്ള ഇയോണിയ (Ionia) യിലുള്ള മിലേറ്റസ് (Miletus) എന്ന നഗരത്തിലാണ് ഗ്രീക്ക് തത്ത്വശാസ്ത്രം ഉദയംകൊണ്ടത്.



വിവിധ ഭൗതികരൂപ ങ്ങളിൽ കാണുന്നവ യെല്ലാം യഥാർത്ഥ ത്തിൽ ഒന്നല്ലേ?

"അതേ, പ്രകൃതിയിൽ ഒരേയൊരു യാഥാർത്ഥ്യം മാത്രമേ യുള്ളൂ. അതാണ് ജലം. ബാഷ്പീകരണം വഴി അത് നീരാവിയായി മാറുന്നു.

ശീതീകരിക്കുന്നതിലൂടെ ഉറഞ്ഞു കട്ടയായിത്തീരുകയും ചെയ്യുന്നു. അതുകൊണ്ട്, അതിന് എല്ലാത്തിന്റേയും തുടക്ക മാവാൻ കഴിയും"

-മിലേറ്റസിലെ തെയ്ൽസ്
(Thales of Miletus) (സി. 640-ബി.സി. 546)

വാതകം , ദ്രാവകം ഖരം എന്നിങ്ങനെയുള്ള ദ്രവ്യത്തിന്റെ മൂന്നവസ്ഥകളെയും അവയുടെ പരസ്പര പരിവർത്തനങ്ങളെയും അടിസ്ഥാനമാക്കിയായിരുന്നു പ്രകൃതിയിലെ എല്ലാ മാറ്റങ്ങളും വിശദീകരിച്ചിരുന്നത്.

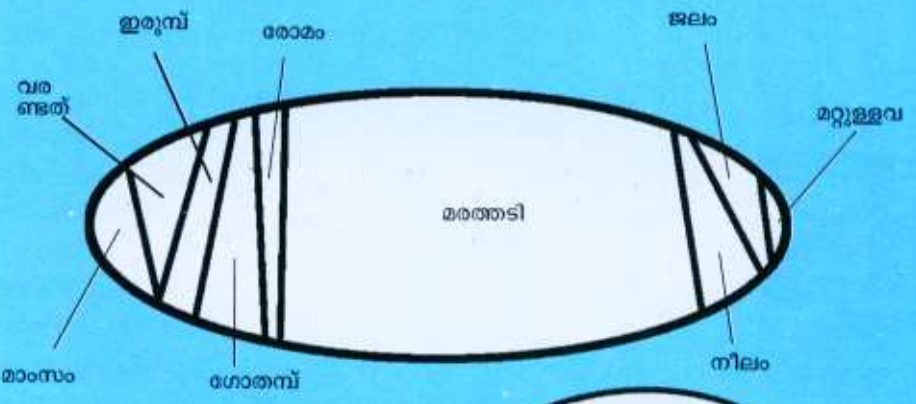
ഇയോണിലെ മറ്റു ചില തത്ത്വജ്ഞാനികൾ വായു, തീ എന്നിവയെയും അപയ്റോൺ (APEIRON) എന്ന രൂപരഹിതവസ്തുവിനേയുമാണ് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനനിർമാണഘടകങ്ങളായി കണ്ടത്.

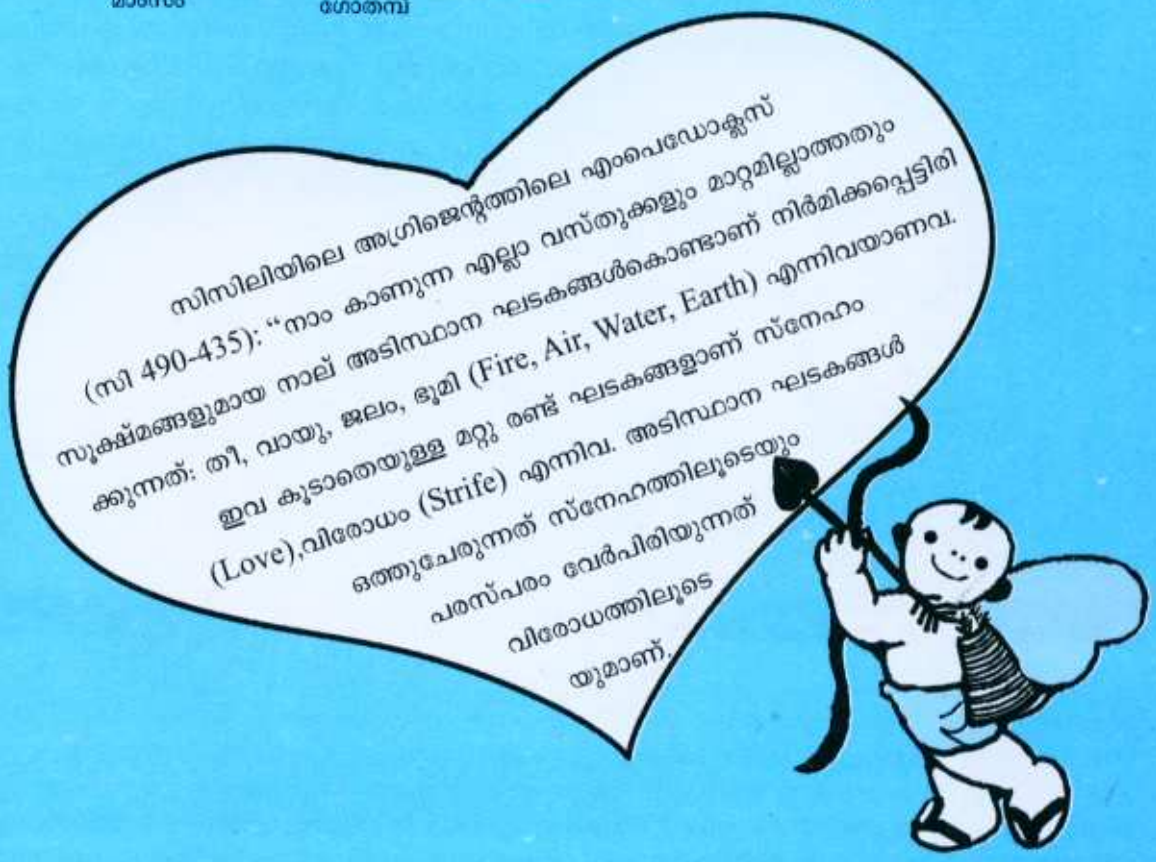
ക്ലാസോമേന (klazomenae) യിലെ **അനാക്സാഗോറസ്** (Anaxagoras) ആയിരുന്നു ഇയോണിലെ ഒടുവിലത്തെ പ്രശസ്ത തത്ത്വജ്ഞാനി. അനന്തകോടി സൂക്ഷ്മകണങ്ങൾകൊണ്ടാണ് ഈ ലോകം നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതെന്നാണ് അദ്ദേഹത്തിന്റെ പക്ഷം. അവയെ അദ്ദേഹം 'വിത്തുകൾ' (seeds) എന്നു വിളിച്ചു.

അനാക്സാഗോറസ്
(സി 499- ബി സി 428)

"ഈ ലോകത്ത് നിലനിൽക്കുന്ന വസ്തുക്കളുടെ സൂക്ഷ്മഭാഗങ്ങൾ പോലും അടങ്ങുന്നതാണ് വിത്തുകൾ. ഓരോ വിത്തിലും ഈ ഭാഗങ്ങളുടെ അളവുകൾ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ഉദാഹരണമായി, മരത്തടിയുടേതായ ഘടകങ്ങൾ കൂടുതലായി അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വിത്തുകൾ ചേർന്ന് മരത്തടിയായി മാറുകയാവും ചെയ്യുക."

ഒരു മരത്തടിക്കുള്ളിൽ കാണാൻ കഴിയുന്ന ഒരു വിത്തിന് ഇനിപ്പറയുന്ന രൂപമായിരിക്കും. ചിത്രത്തിൽ കാണുന്നതുപോലെ, അതിൽ മറ്റു ഘടകങ്ങൾ ഉണ്ടാകുമെങ്കിലും, മരത്തടിയുടെ ഘടകമായിരിക്കും കൂടുതൽ.





എംപെഡോക്ലെസിനു മുമ്പ്, ജലത്തിനും തീയ്ക്കുമിടയിലെ ഒരു പരിവർത്തനഘട്ടം (Transition stage) മാത്രമായാണ് വായുവിനെ കണക്കാക്കിയിരുന്നത്. ഇതിനെ ഒരു അടിസ്ഥാന പദാർത്ഥഘടകമായി അംഗീകരിച്ചിരുന്നില്ല. വായുവിനെ പദാർത്ഥത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനഘടകമായി തിരിച്ചറിഞ്ഞത് എംപഡോക്ലെസ് ആയിരുന്നു. അതിനായി അദ്ദേഹം ഒരു പരീക്ഷണവും നടത്തി. മുകളിലും താഴെയും രണ്ട് ദ്വാരങ്ങളുള്ള ക്ലെപ്സിഡ്ര (clepsydra) എന്ന പാത്രം ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ടാണ് അദ്ദേഹം അതു ചെയ്തത്. പാത്രത്തിനടിയിലെ ദ്വാരം വെള്ളത്തിലേക്കിറങ്ങുന്ന തരത്തിൽ പാത്രം താഴ്ത്തി വച്ചപ്പോൾ അതിൽ വെള്ളം നിറയുന്നതായി അദ്ദേഹം കണ്ടു. എന്നാൽ, പാത്രത്തിനു മുകളിലുള്ള ദ്വാരം വിരലുകൊണ്ട് അടച്ചപ്പോൾ, പാത്രത്തിലേക്ക് വെള്ളം കയറിയില്ല. വിരൽ മാറ്റിയപ്പോൾ, വീണ്ടും വെള്ളം പാത്രത്തിനുള്ളിലേക്ക് ഇടിച്ചു കയറുകയും ചെയ്തു. പാത്രത്തിനുള്ളിൽ നിറഞ്ഞിരുന്ന വായുവാണ് വെള്ളം അകത്തേക്ക് കടക്കുന്നതിനെ തടഞ്ഞതെന്ന് ഈ പരീക്ഷണം തെളിയിച്ചു.

അബ്ഡേറയിലെ ഡെമോക്രിറ്റസ്

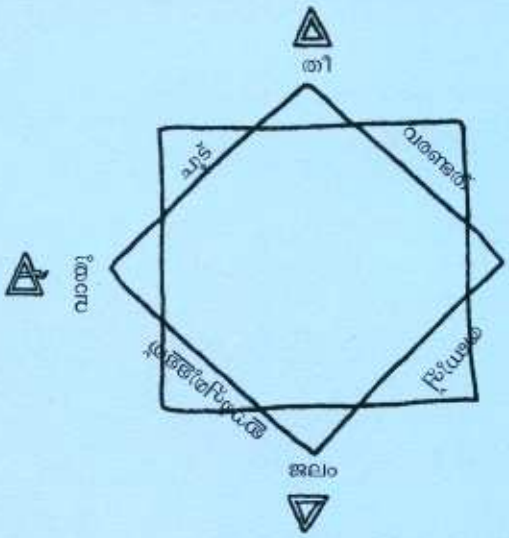
(Democritus of Abdera സി 460–ബി സി 370)

എല്ലാ പദാർത്ഥങ്ങളും അതിസൂക്ഷ്മവും വിഭജിക്കാൻ കഴിയാത്തതുമായ ആറ്റങ്ങൾ എന്ന അടിസ്ഥാനഘടകങ്ങൾ കൊണ്ടാണ് നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. ആറ്റൊമോസ് എന്ന ഗ്രീക്ക് പദത്തിന് വിഭജിക്കാൻ കഴിയാത്തത് എന്നാണർത്ഥം. നാല് അടിസ്ഥാനഘടകങ്ങളായ ഭൂമി, വായു, ജലം, തീ എന്നിവ അവയുടേതായ ഗുണവിശേഷങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുന്ന തരത്തിലുള്ള ആറ്റങ്ങൾ കൊണ്ടാണ് നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. ഈ ആറ്റങ്ങളുടെ ഭൗതികപരമായ ആകൃതിയും വലിപ്പവും അത്തരം ഗുണങ്ങൾക്ക് അനുയോജ്യമായ തരത്തിലുമായിരിക്കും. മറ്റു ഘടകങ്ങളുമായി ചേരാത്തതും ഗോളാകൃതിയുള്ളവയുമാണ് തീയുടെ ആറ്റങ്ങൾ. എന്നാൽ, ഭൂമി, വായു, ജലം എന്നിവയുടെ ആറ്റങ്ങൾ പരസ്പരം ചേർന്നിരിക്കാൻ പാകത്തിലുള്ള ജ്യാമിതീയഘടനയോടു കൂടിയവയാണ്.

ആറ്റങ്ങളെക്കുറിച്ച് നാം ഇന്ന് മനസ്സിലാക്കിയിരിക്കുന്ന പല കാര്യങ്ങളും വളരെ പഴക്കമുള്ളതാണെന്ന് വ്യക്തമായല്ലോ. എന്നാൽ, ഈ ആശയം ആദ്യം ഉടലെടുത്ത കാലത്ത് അത് മറ്റു ഗ്രീക്ക് സിദ്ധാന്തങ്ങളെപ്പോലെ വെറുമൊരു സങ്കൽപ്പം മാത്രമായിരുന്നു. അതിനാൽ, അതിന് പറയത്തക്ക സ്വാധീനമൊന്നും ചെലുത്താനായതുമില്ല.

വൈജ്ഞാനികരംഗത്തെ ഏറ്റവുമധികം സ്വാധീനിച്ച ഗ്രീക്ക് തത്ത്വജ്ഞാനിയായിരുന്നു അരിസ്റ്റോട്ടിൽ (384– ബിസി. 323). ലോകം കീഴടക്കിയ അലക്സാണ്ടർ ചക്രവർത്തിയുടെ ഗുരുവെന്ന നിലയിലും അദ്ദേഹം പ്രശസ്തനാണ്. ദൃഢബദ്ധമായ അനേകം സിദ്ധാന്തങ്ങൾ അദ്ദേഹത്തിന്റേതായുണ്ട്. ഇവയോരോന്നും മറ്റൊന്നുമായി ആശയപരമായി യോജിക്കുന്നവയാണെന്നതാണ് അവയുടെ സവിശേഷത. മാത്രവുമല്ല, അദ്ദേഹത്തിന്റെ മുൻഗാമികൾ പറഞ്ഞതിനേക്കാൾ വിശദമായി കാര്യങ്ങളെ അപഗ്രഥിക്കാനും അരിസ്റ്റോട്ടിലിനു കഴിഞ്ഞു.

"എല്ലാറ്റിന്റേയും അടിസ്ഥാനമാവുന്നത് ആദിദ്രവ്യം (First matter) എന്നറിയപ്പെടുന്നതും സ്ഥിരമായതും മാറ്റത്തിനു വിധേയമാവാത്തതുമായ പ്രോട്ടെ ഹൈലെ (Prote Hyle) യാണ്. ഓരോ പദാർത്ഥത്തിനും അതിന്റേതായ സവിശേഷസ്വഭാവങ്ങൾ ലഭിക്കുന്നത് ഈ അടിസ്ഥാനദ്രവ്യത്തിനുമേൽ പ്രത്യേക ഗുണങ്ങൾ സന്നിവേശിക്കപ്പെടുമ്പോഴാണ്. ചൂട്, തണുപ്പ്, വരണ്ടത്, ഈർപ്പമുള്ളത് എന്നീ നാലു ഗുണങ്ങൾ പരസ്പരം ചേരുന്നതിലൂടെ ആറ്റ ജോടികളുണ്ടാവും. എന്നാൽ, ചൂട്, തണുപ്പ് വരണ്ടത്, ഈർപ്പമുള്ളത് എന്നീ ജോടികൾ പരസ്പരം കൂടിച്ചേരുക സാധ്യമല്ല. തന്മൂലം നാലു ജോടികളേ ഉണ്ടാവുന്നുള്ളൂ. ഇവയാലാണ് ഈ ലോകത്തിലെ സകലതും നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്."



ചൂട് + വരണ്ടത് = തീ
ചൂട് + ഈർപ്പമുള്ളത് = വായു
തണുപ്പ് + ഈർപ്പമുള്ളത് = ജലം
തണുപ്പ് + വരണ്ടത് = ഭൂമി

"ഭൂമിയിലുള്ള പദാർത്ഥങ്ങളെല്ലാം നിർമിതമായിരിക്കുന്ന ഈ നാല് ഘടകങ്ങളെകൂടാതെ ഈഥർ (Ether) എന്നറിയപ്പെടുന്ന അഞ്ചാമതൊരു ഘടകം കൂടിയുണ്ട്. ഇതാണ് ഏറ്റവും ഉത്തമമായ അടിസ്ഥാനഘടകം. മിക്ക ഖഗോളവസ്തുക്കളും നിർമിച്ചിരിക്കുന്നത് ഈ ഉത്കൃഷ്ടഘടകം കൊണ്ടാണ്."

ഈ ഗുണവിശേഷങ്ങളെ ഏതു തലംവരെയും വ്യത്യാസപ്പെടുത്താനാവും. ഇതിലൂടെ ഒരു അടിസ്ഥാനഘടകത്തെ മറ്റൊന്നായി മാറ്റാനുമാവും. ഉദാഹരണമായി, ജലത്തെ വായുവാക്കി മാറ്റാൻ തണുപ്പിനെ ചൂടുകൊണ്ട് മറികടക്കേണ്ടതുണ്ട്. ഈർപ്പം എന്നത് രണ്ടു ഘടകങ്ങൾക്ക് പൊതുവായുള്ള ഗുണമായതാണ് ഇതിനുകാരണം.

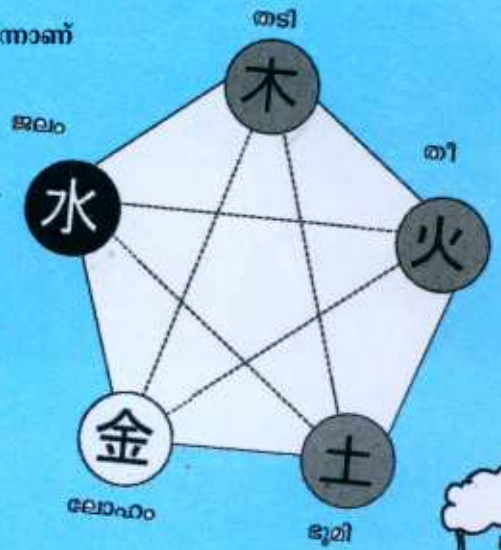
ഇന്ത്യ, ചൈന എന്നിവിടങ്ങളിലും ദ്രവ്യത്തെ സംബന്ധിക്കുന്ന സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ഉടലെടുത്തിരുന്നു. ബി സി അഞ്ചാം നൂറ്റാണ്ടിലാണ് ഇവ വികസിപ്പിക്കപ്പെട്ടത്.

കപിലൻ എന്ന പഴയ ഭാരതീയതത്ത്വജ്ഞാനി ഇങ്ങനെ പറഞ്ഞു: "ആകാശം (Space/Ether) വായു, തേജസ് (Fire), അപ്പ് (Water), ക്ഷിതി (Earth), എന്നീ പഞ്ചഭൂതങ്ങൾ കൊണ്ടാണ് ഈ പ്രപഞ്ചം നിർമിതമായിരിക്കുന്നത്. ഇവയോരോന്നും അണു അഥവാ ആറ്റം കൊണ്ടാണ് നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. ആറ്റങ്ങളെ അവയിലും ചെറിയ കണങ്ങൾ (Intra-atomic particles) കൊണ്ട് നിർമിച്ചിരിക്കുന്നു. ആറ്റങ്ങൾക്കുള്ളിലെ കണങ്ങൾ എങ്ങനെ വിഭജിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നതിലെ വ്യത്യാസമാണ് പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഗുണവിശേഷങ്ങൾ നിശ്ചയിക്കുന്നത്."

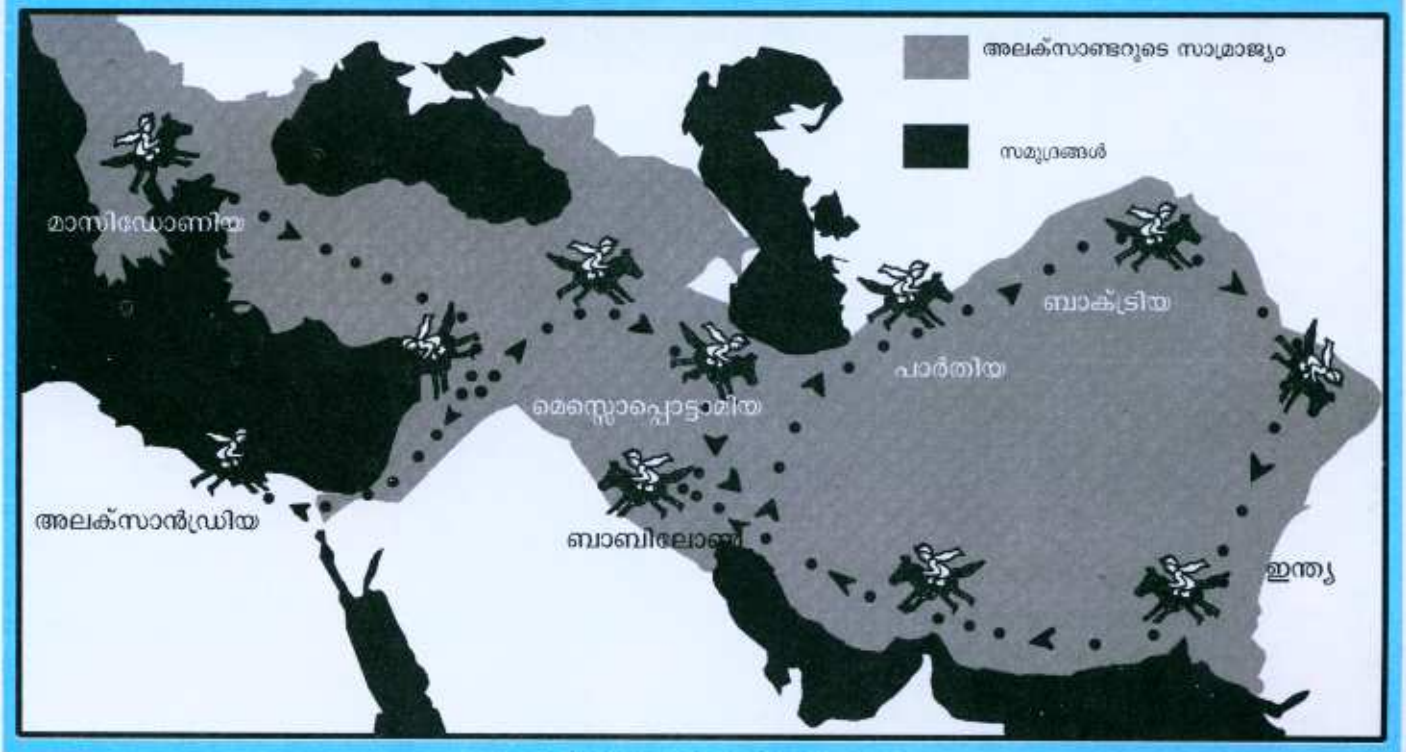
കണാദൻ എന്നു പേരുള്ള മറ്റൊരു ഭാരതീയതത്ത്വജ്ഞാനിയുടെ അഭിപ്രായം ഇതായിരുന്നു: "ആകാശം അഥവാ 'ഈഥർ' എന്നതിന് അറ്റോമിക ഘടനയില്ല; അത് പ്രവർത്തനശേഷിയില്ലാത്ത (inert) തും സർവ വ്യാപിയുമാണ്. ആറ്റങ്ങൾ നാലു തരത്തിലാണുള്ളത്. വായു, തീ, ജലം, ഭൂമി എന്നിവ. ഇവ പരസ്പരം ചേരുന്നതിലൂടെ തന്മാത്രകൾ (Molecules) സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. തന്മാത്രാഘടനയിലെ വ്യത്യാസമാണ് വിവിധതരം പദാർത്ഥങ്ങളുടെ നിർമിതിക്ക് കാരണമാവുന്നത്. ഒരു പദാർത്ഥം മറ്റൊന്നായി മാറുന്നതിനിടയാക്കുന്നത് താപകണ (Heat Corpuscles) ങ്ങളാണ്."

ചൈനാക്കാരുടെ സിദ്ധാന്തമനുസരിച്ച് 5 ഘടകങ്ങൾ ചേർന്നാണ് ദ്രവ്യം (Matter) നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്:

എല്ലാ പദാർത്ഥങ്ങളുടെയും നിർമിതിക്ക് കാരണമാവുന്നത് മേൽപ്പറഞ്ഞ അഞ്ചെണ്ണത്തിന്റെ സംയോജനമാണ്. 'യിൻ (YIN) എന്നും 'യാങ്' (YANG) എന്നുമുള്ള രണ്ടു വൈരുദ്ധ്യങ്ങളാണ് പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഗുണവിശേഷങ്ങൾക്ക് കാരണമാവുന്നത്. ചന്ദ്രൻ, രാത്രി, ഭാരമുള്ളത് (Heavy) എന്നിവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട 'യിൻ' സ്ത്രൈണ സ്വഭാവമുള്ളതാണ്. സൂര്യൻ, പകൽ, ഭാരമില്ലാത്തത് (Light) എന്നിവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട 'യാങ്' പൗരുഷവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടതും.



അരിസ്റ്റോട്ടലിന്റെ അവസാനകാലമായപ്പോഴേക്കും, അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രശസ്തനായ ശിഷ്യൻ **അലക്സാണ്ടർ** (356– ബി സി 323) ലോകം കീഴടക്കാനായി പുറപ്പെട്ടു. അദ്ദേഹത്തിന്റെ പടയോട്ടങ്ങൾ ലോകത്തെ ഒരു കുടക്കീഴിലാക്കുകയും വിഭിന്ന തത്വശാസ്ത്രങ്ങൾ, മതങ്ങൾ, ആശയങ്ങൾ എന്നിവ കൂടിച്ചേരാനിടയാക്കുകയും ചെയ്തു. അതോടൊപ്പം 'ഹെലനിസ്റ്റിക് സംസ്കാരം' (Hellenistic Culture) എന്ന പൊതു സംസ്കൃതി പടിഞ്ഞാറേ ഏഷ്യയിലാകെ പടരുകയും ചെയ്തു. വ്യത്യസ്ത ചിന്താസരണികളുടെ ഈ മിശ്രണത്തിൽ നിന്നാണ് ആൽക്കെമി (Alchemy) എന്ന നൂതന ആശയം ഉദയം കൊണ്ടത്.



അലക്സാണ്ടറുടെ ആക്രമണ പാത

എ ഡി ഒന്നാം നൂറ്റാണ്ട്

നൈൽ നദിയുടെ തീരത്ത് അലക്സാണ്ടർ സ്ഥാപിച്ച അലക്സാൻഡ്രിയ (Alexandria) ആയിരുന്നു ഒരു കാലത്തെ പ്രമുഖ വൈജ്ഞാനികകേന്ദ്രം.

ഹീറോ (സി 52–എ ഡി150) ആവികൊണ്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഒരു യന്ത്രവും നാണയത്തുട്ട് ഇടുമ്പോൾ പുണ്യജലം ഒഴുക്കുന്ന ഒരു യന്ത്രസംവിധാന (Vending machine) വും ഇദ്ദേഹം നിർമിച്ചു. ഇദ്ദേഹം വാതകങ്ങളുടെ ഘടന പഠിക്കുകയും "വാതകങ്ങളുടെ ഗതികസിദ്ധാന്ത" (Kinetic Theory of Gases) ത്തിന് ആശയപരമായ അടിത്തറ പാകുകയും ചെയ്തു.

ഹീറോയുടെ ആവിയന്ത്രം ഒരുപക്ഷേ ഇങ്ങനെയായിരുന്നിരിക്കണം.

അലക്സാൻഡ്രിയയിൽ പ്രചാരംകൊണ്ട പൗരസ്ത്യ ദൈവിക ചിന്തകളിൽ പലതും, പ്രകൃതിശക്തികളെക്കുറിച്ച് ചിന്തിക്കുന്ന തത്ത്വജ്ഞാനികളിൽ സ്വാധീനം ചെലുത്തുകയുണ്ടായി. സമ്പന്നർക്കായും ആരാധനാലയങ്ങൾക്കായും ആഡംബരവസ്തുക്കൾ നിർമിച്ചു നല്കുന്ന കൈത്തൊഴിലാളികളും അവിടെയുണ്ടായിരുന്നു. കൈത്തൊഴിലാളികളും തത്ത്വജ്ഞാനികളും അവരുടെ സിദ്ധാന്തങ്ങളും തമ്മിലുള്ള ഇടപെടലുകൾ ആ രംഗത്തെ പുതിയ വളർച്ചയ്ക്കു കാരണമാവുകയുണ്ടായി...

ആൽക്കെമി

പൗരസ്ത്യതത്ത്വചിന്ത, ഗ്രീക്ക് തത്ത്വ ചിന്ത, ദൈവികചിന്ത യുടെ ഘടകങ്ങൾ, ഈജിപ്ഷ്യൻ സാങ്കേതിക വിദ്യ എന്നിങ്ങനെയുള്ള ചേരുവകളിൽ നിന്നാണ് ആൽക്കെമി പിറവിയെടുത്തത്.

തണുത്ത ആൽക്കെമി

അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ആശയങ്ങളാണ് ആൽക്കെമിയുടെ അടിസ്ഥാനം. എല്ലാ വസ്തുക്കളും ഉൽക്കൃഷ്ടമായ അവസ്ഥയിലേക്കെത്താനായി താൽപ്പര്യപ്പെടുന്നുവെന്നും ആ താൽപ്പര്യം കാരണമാണ് വിലകുറഞ്ഞ ലോഹങ്ങൾ സ്വർണമായി മാറാൻ ശ്രമിക്കുന്നതെന്നും അദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു.

വസ്തുക്കളെ 'ഉൽക്കൃഷ്ട' മാക്കുന്ന പ്രക്രിയ, പ്രകൃതി അതിന്റെ ഉള്ളറകളിലാണ് നടത്തുന്നത്. വളരെ വർഷങ്ങളിലൂടെ നടക്കുന്ന ഈ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെയാണ് സ്വർണം നിർമിക്കപ്പെട്ടത്. കൈത്തൊഴിലുകാർക്ക് സ്വന്തം കഴിവും പ്രവർത്തനങ്ങളും മെച്ചപ്പെടുത്തുന്നതിലൂടെ ശുദ്ധമായ സ്വർണം നിർമിക്കാനാവും. ഇതായിരുന്നു ആൽക്കെമിയുടെ അടിസ്ഥാനതത്ത്വം.

"പാറയെ എങ്ങനെ ലോഹമാക്കി മാറ്റാമെന്ന് നമുക്കറിയാം. അങ്ങനെയെങ്കിൽ, വിലകുറഞ്ഞ ഒരു ലോഹത്തെ സ്വർണമാക്കി മാറ്റാനും നമുക്കു കഴിയും. സ്വർണം പോലെയിരിക്കുന്ന ലോഹം തീർച്ചയായും സ്വർണത്തിന്റെ ഒരു വകഭേദം തന്നെയാണെന്ന് നമുക്കുറപ്പുണ്ട്. ചെറിയൊരു ശ്രമത്തിലൂടെ ഒരു പക്ഷേ അതിനെ ഉൽക്കൃഷ്ടലോഹമായ സ്വർണം തന്നെയാക്കി മാറ്റാൻ നമുക്ക് കഴിയും."

അന്നു നിലവിലിരുന്ന ലോഹസംസ്കരണ മാർഗങ്ങളുടെ ഒരു പരിഷ്കരണമായിരുന്നു ആൽക്കെമി.

ലോഹങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാന സ്വഭാവമായി കണക്കാക്കിയിരുന്നത് അവയുടെ **നിറം** ആയിരുന്നു.

"നമുക്ക് തീർച്ചയായും മഞ്ഞലോഹത്തിന്റെ ആവശ്യമുണ്ട്. നമ്മൾ മുട്ടയുടെ 'സത്ത' (Spirits) വേർതിരിച്ചെടുത്തശേഷം അതിനെ സ്വേദനം (Distillation) നടത്തി ഒരു വിശേഷവസ്തുവിനെ (പിൽക്കാലത്ത് ഇത് 'ഗന്ധകം' എന്നറിയപ്പെട്ടു.) വേർതിരിക്കുകയും അതുപയോഗിച്ച് ലോഹത്തെ മഞ്ഞ നിറമുള്ളതാക്കി മാറ്റുകയും ചെയ്യും."

പിന്നീട്.....

കൊള്ളാം, ഇനി ഒരുപക്ഷേ ആശ്രമം പരാജയപ്പെട്ടാലും "ഓംലെറ്റ്" കണ്ടുപിടിച്ചത് ഞാനാണെന്ന് അറിയപ്പെടുമല്ലോ!

ബി സി ആറാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ലാവോത്സു (Lao Tzu) സ്ഥാപിച്ച താവോയിസ (Taoism) ത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി, ചൈനയിലും ആൽക്കെമി സമാന്തരമായി വളർന്നു വികസിച്ചിരുന്നു. എന്നാൽ, സ്വർണം നിർമിക്കുക മാത്രമായിരുന്നില്ല ചൈനക്കാരായ ആൽക്കെമിസ്റ്റുകളുടെ ലക്ഷ്യം. സ്വർണം ഭക്ഷിക്കുന്നതിലൂടെയോ, സമാനമായ മറ്റു ചില മാർഗങ്ങൾ അവലംബിക്കുന്നതിലൂടെയോ നിർവാണം പ്രാപിക്കാനോ അഭൗമശക്തികൾ നേടിയെടുക്കാനോ കഴിയുമെന്ന് അവർ വിശ്വസിച്ചു. അക്കാരണത്താൽ, സ്വർണം ആഹരിക്കുന്നതും അനശ്വരതയെ പ്രാപിക്കുന്നതും സംബന്ധിച്ചുള്ള അനേകം ഗ്രന്ഥസംഹിതകൾ ചൈനയിൽ ലഭ്യമായിരുന്നു.

ആഹാ! നല്ല സ്വർണമാല

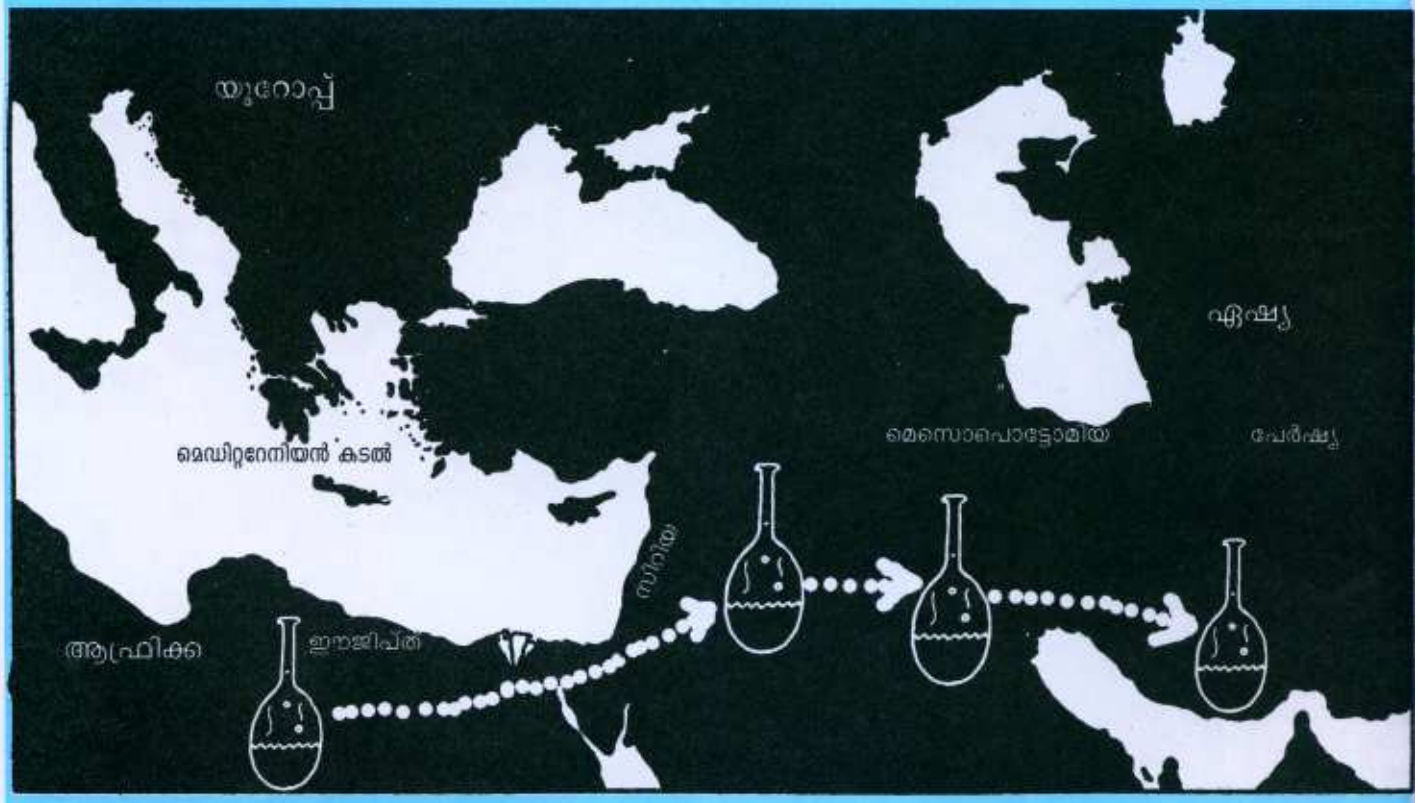
ഓ, ഇത് എനിക്കുള്ള ഉച്ച ഭക്ഷണമാണ്.

എ.ഡി. ഒന്നാം നൂറ്റാണ്ടിലെ ആൽക്കെമി - ഗ്രന്ഥങ്ങളിലാണ് **"കെമിസ്ട്രി"** എന്ന പദം ആദ്യമായി പ്രത്യക്ഷപ്പെട്ടത്. "ഖെം" (khem) എന്ന ഈജിപ്ഷ്യൻ വാക്കിൽ നിന്നാണ് അതിന്റെ ഉത്പത്തി. "ഈജിപ്ത്" എന്നുള്ളതിന്റെ പഴയപേരായിരുന്നു "ഖെം" അക്കാലത്തെ രസതന്ത്രവിജ്ഞാനത്തിന്റെ മുഖ്യകേന്ദ്രങ്ങളിലൊന്നായിരുന്നു "ഖെം".

"ഞാൻ വാർത്തെടുക്കുന്നു" (I cast) അല്ലെങ്കിൽ "ഞാൻ ഒഴിക്കുന്നു" (I pour) എന്നർത്ഥം വരുന്ന 'കിയോ' (cheo) എന്ന ഗ്രീക്ക് വാക്കിൽ നിന്നാണ് 'കെമിസ്ട്രി' എന്ന പദമുണ്ടായതെന്നാണ് മറ്റൊരു വിശദീകരണം.

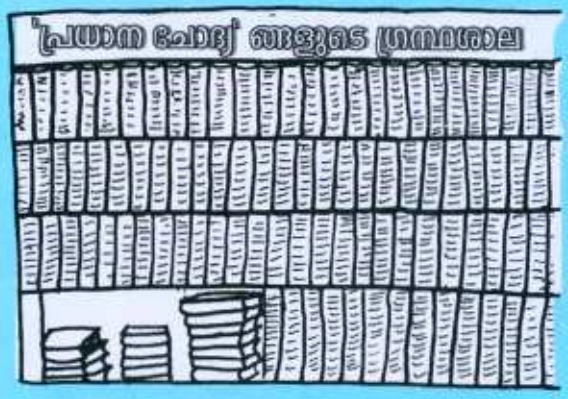
ആദ്യകാലത്തെ ലോഹസംസ്കരണമാർഗങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഒരു പദമാണിത്. "കിംയാ" എന്ന് ഉച്ചരിക്കപ്പെടുന്ന "ചിൻ-ഐ" എന്ന ചൈനീസ് പദത്തിൽ നിന്നുമാണ് 'കെമിസ്ട്രി'യുടെ ഉത്ഭവമെന്നതാണ് മറ്റൊരു വാദം. "സ്വർണമുണ്ടാക്കാനുള്ള നീര്" എന്നാണ് ഈ പദത്തിന്റെ അർത്ഥം.

ഏതാണ്ട് **എ ഡി 300** ആയപ്പോഴേക്കും ആൽക്കെമി അലക്സാൻഡ്രിയയിൽ നിന്നും സിറിയയിലേക്കും മെസോപൊട്ടോമിയ (ഇറാക്ക്)യിലേക്കും പേർഷ്യ (ഇറാൻ)യിലേക്കും പടർന്നു.



എ ഡി 622- അറേബ്യയിലുടനീളം ഇസ്ലാം വേഗത്തിൽ പ്രചരിക്കാൻ തുടങ്ങി. ഗ്രീക്കുകാരിൽ നിന്നും ചൈനക്കാരിൽനിന്നും അറബികൾ പല അറിവുകളും നേടിയെടുത്തു. അറബി ഭാഷയിൽ 'ആ' എന്നർത്ഥം വരുന്ന "അൽ" എന്ന തുകൂടി കൂട്ടിച്ചേർത്ത് "ഈജിപ്ഷ്യൻ ശാസ്ത്രം" എന്ന അർത്ഥത്തിൽ 'ആൽക്കെമി' എന്ന വാക്ക് രൂപംകൊണ്ടു.

ജാബിർ ഇബ്ൻ ഹയ്യാൻ (ജെബെർ)- (സി.721-815): പ്രശസ്തനായ അറേബ്യൻ ആൽക്കെമിസ്റ്റ്. ചൂട്, തണുപ്പ്, വരണ്ടത്, ഈർപ്പമുള്ളത് എന്നിവയെല്ലാം സ്വാതന്ത്ര്യവും സുസ്ഥിരവുമായ അസ്തിത്വമുള്ള പ്രകൃതങ്ങൾ ആണെന്നായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ പക്ഷം. ഉദാഹരണമായി, "ശുദ്ധാവസ്ഥയിലുള്ള തണുപ്പ്" എളുപ്പത്തിൽ വേർതിരിക്കാവുന്നതാണ്. ഈ പ്രകൃതങ്ങൾ ഏതൊക്കെ അനുപാതത്തിലാണ് പദാർത്ഥങ്ങളിൽ സന്നിവേശിച്ചിരിക്കുന്നതെന്ന് കണ്ടെത്തുകയായിരുന്നു ആദ്യകാല ആൽക്കെമിസ്റ്റുകളുടെ ജോലി. "ശുദ്ധപ്രകൃതങ്ങൾ" പദാർത്ഥങ്ങളിൽ നിന്നും വേർതിരിക്കാനായാൽ, അവയെ വ്യത്യസ്ത അനുപാതത്തിൽ തമ്മിൽ ചേർത്തുകൊണ്ട് തങ്ങൾക്ക് ആവശ്യമായ പദാർത്ഥങ്ങൾ നിർമിക്കാനാവും എന്ന് അവർ വിശ്വസിച്ചു. ഇവ നിർമിക്കാൻ പല രാസപ്രക്രിയകളും ഉപകരണങ്ങളും കണ്ടെത്തി. മൃഗജന്യവസ്തുക്കൾ ഉൾപ്പെടെ പലതിന്റെയും വായുരഹിതാവസ്ഥയിലെ സ്വേദനം സംബന്ധമായ വിവരങ്ങൾ ജാബിറിന്റെ പുസ്തകത്തിൽ കാണാം. 'എലിക്സിർ' എന്ന പദാർത്ഥം ഉപയോഗിച്ചു വെള്ളിയെ സ്വർണമാക്കി മാറ്റാമെന്നും വിശ്വസിച്ചിരുന്നു.



എന്നാൽ ഒരു പ്രധാന ചോദ്യം വീണ്ടും അവശേഷിച്ചിരുന്നു...

ആ പ്രധാന ചോദ്യം ഇതായിരുന്നു.

"എലിക്സിർ

എങ്ങനെ നിർമിക്കാം?"

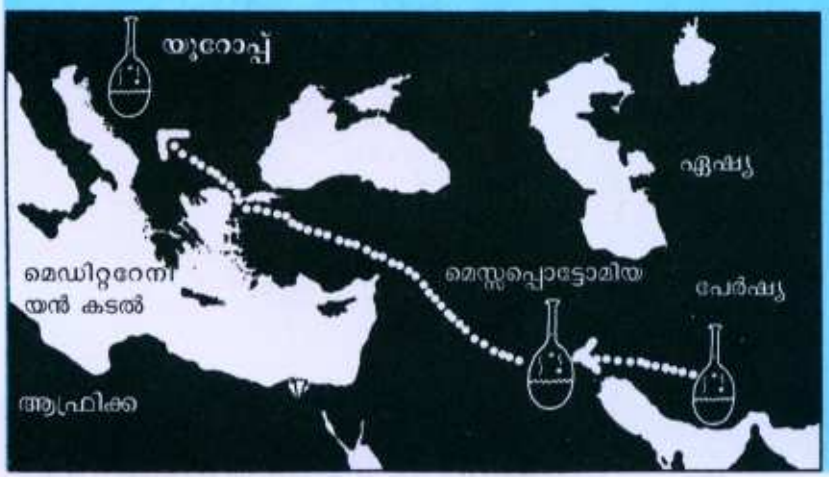
അൽ-റാസി (റാസെസ്): (സി 860-925): അറേബ്യൻ ആൽക്കെമിയിലെ പ്രമുഖ പ്രതിഭ. വേറിട്ട ശൈലിയായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റേത്. ഉപകരണങ്ങളെക്കുറിച്ചും പദാർത്ഥങ്ങളുടെ തരംതിരിക്കൽ, സാങ്കേതികമായ രൂപകല്പന, അമ്ലങ്ങളെയും ക്ഷാരങ്ങളെയും കുറിച്ചുള്ള വിവരങ്ങൾ ഇവ നല്കി. ലോഹങ്ങളും മറ്റു വസ്തുക്കളും ലയിപ്പിക്കാനുള്ള ലായകമായ തീക്ഷണജലം എന്ന പേരാണ് അദ്ദേഹം അമ്ലങ്ങൾക്കും ക്ഷാരങ്ങൾക്കും നല്കിയത്. അമ്ലങ്ങളെയും ക്ഷാരങ്ങളേയും കുറിച്ചുള്ള വിവരങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളിക്കപ്പെട്ടു. ലോഹങ്ങളും മറ്റു വസ്തുക്കളും ലയിപ്പിക്കാനുള്ള ലായകങ്ങളായാണ് അദ്ദേഹം ഇവയെക്കുറിച്ച് പറഞ്ഞത്. "തീക്ഷണജലം" (Sharp) എന്ന പേരാണ്അൽ-റാസി അവയ്ക്ക് നല്കിയിരുന്നത്.

സുഹൃത്തുക്കളേ, ഞാൻ അബുബക്കർ മുഹമ്മദ് ഇബ്ൻ സക്കറിയ അൽ-റാസി. നിങ്ങൾക്കെന്നെ റാസിയെന്നു വിളിക്കാം. "തീക്ഷ്ണജലം" നിർമിക്കാനുള്ള സൂത്രം ഞാൻ പറയാം.
നീറ്റിയെടുത്ത "അൽ-ക്വിലി" (സോഡിയം കാർബണേറ്റ് നീറ്റാത്ത കക്ക യും തുല്യ അളവിലെടുത്തശേഷം അതിലേക്ക് അതിന്റെ 4 ഇരട്ടി ജലം ചേർത്തശേഷം 3 ദിവസം വെറുതെവയ്ക്കുക. മിശ്രിതം അരിച്ചെടുത്തശേഷം, അതിലേക്ക് അതിന്റെ 1/4 അളവിൽ സോഡിയം കാർബണേറ്റും ചുണ്ണാമ്പുവെള്ളവും കലർത്തുക. ഈ പ്രക്രിയ 7 തവണ ആവർത്തിക്കുക. അതിനുശേഷം അതിലേക്ക് അതിന്റെ നേർ പകുതി വ്യാപ്തത്തിലുള്ള 'സാൽ അമോണിയാക്ക് ചേർക്കുക. ഏറ്റവും ശക്തിയേറിയ "തീക്ഷ്ണജലം" തയ്യാർ! ഇതിന് "ടാൽക്കി" മൈക്കയെപ്പോലും ലയിപ്പിക്കാൻ കഴിയും.

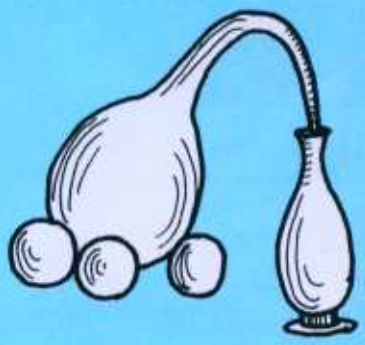
എ ഡി 11,12,13 നൂറ്റാണ്ടുകൾ

ആൽക്കെമിയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട അനവധി പുസ്തകങ്ങൾ, വിവരണങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ വീണ്ടുമുണ്ടായെങ്കിലും, അവയൊന്നും പുതിയ അറിവ് നല്കുന്നവയായിരുന്നില്ല. ദൈവികചിന്ത കൂടുതൽ ശക്തി പ്രാപിക്കുകയും ശാസ്ത്രചിന്ത പിന്നോട്ടുപോവുകയും ചെയ്തു. ഭാഗ്യവശാൽ, ഗ്രീക്കിൽ നിന്നുള്ള ശാസ്ത്രീയ ആശയങ്ങൾ പിന്തുടരാൻ വിമുഖത കാണിച്ചിരുന്ന പശ്ചിമയൂറോപ്യൻമാർ അറബിലോകത്തുനിന്നുള്ള ശാസ്ത്രചിന്തകളെ സ്വീകരിച്ചതിനാൽ ശാസ്ത്രപാരമ്പര്യം നഷ്ടപ്പെട്ടില്ല.

അറബിലോകത്തുനിന്നുള്ള ആശയങ്ങൾ പടിഞ്ഞാറൻ ദേശങ്ങളിലേക്കും കടന്നു ചെല്ലുകയുണ്ടായി. അറബിഭാഷയിലെ അനവധി ആൽക്കെമിക്കൽ കൈയെഴുത്തുപ്രതികൾ ലാറ്റിൻഭാഷയിലേക്ക് പരിഭാഷപ്പെടുത്തുകയുണ്ടായി. അതോടെ പടിഞ്ഞാറൻ യൂറോപ്പ് ആൽക്കെമി അധിഷ്ഠിത വിജ്ഞാനത്തിന്റെ കേന്ദ്രങ്ങളായി മാറി.



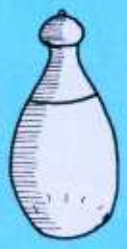
ഇറ്റലിയിലെ കൈത്തൊഴിലുകാർ 'ഗ്ലാസ്' നിർമിക്കുന്നതെങ്ങനെയെന്ന് കണ്ടെത്തിയപ്പോൾ സ്വേദനം നടത്താനുള്ള ഉപകരണം വളരെയധികം പരിഷ്കരിക്കപ്പെട്ടു.



"ജീവജലം" അഥവാ 'അക്വാവിറ്റെ' (Aqua Vitae) എന്നറിയപ്പെടുന്നതും ഗാഢതയേറിയതുമായ ആൾക്കഹോൾ നിർമിക്കാൻ ഇതിലൂടെ സാധ്യമായി. സ്വർണത്തെ ലയിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്നതും നൈട്രിക് ആസിഡ്, ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് എന്നിവയുടെ മിശ്രിതവുമായ 'അക്വാ റീജിയ' യഥേഷ്ടം ഉപയോഗിച്ചിരുന്നതിനാൽ അവ ധാരാളം നിർമിക്കപ്പെട്ടു. ഇത് പദാർത്ഥങ്ങൾ ലയിപ്പിക്കുന്നതിനുള്ള രസതന്ത്രജ്ഞരുടെ കഴിവിനെ വർധിപ്പിക്കാനുപകരിച്ചു. ലായനിയിലെ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ സാധ്യമായിത്തീർന്നു.

ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ്

നൈട്രിക് ആസിഡ്



അക്വാ റീജിയ

ആൽക്കെമിസ്റ്റിന്റെ പരീക്ഷണശാല

വെടിമരുന്ന്

വെടിമരുന്ന് ഉത്പാദിപ്പിക്കുകയും യുദ്ധരംഗത്ത് അവ ഉപയോഗിക്കുകയും ചെയ്തു. പടിഞ്ഞാറൻ യൂറോപ്പിലെ ഫ്യൂഡൽ വ്യവസ്ഥയെ തൂത്തെറിയുന്നതിൽ ഇത് കാര്യമായ പങ്ക് വഹിച്ചു. (യഥാർത്ഥത്തിൽ 10 ാം നൂറ്റാണ്ടിലായിരുന്നു വെടിമരുന്ന് കണ്ടുപിടിച്ചത്.)

എ ഡി 14 ഉം 15 ഉം നൂറ്റാണ്ടുകൾ

ഈ കാലഘട്ടത്തിലും അനവധി രസതന്ത്ര പരീക്ഷണങ്ങൾ നടക്കുകയുണ്ടായെങ്കിലും, അവയിൽ മിക്കതും പഴയ ആൽക്കെമിക്കൽ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ആവർത്തനം മാത്രമായിരുന്നു. ആൽക്കെമിസ്റ്റുകൾ കൂടുതൽ കൂടുതൽ ഗ്രന്ഥങ്ങൾ രചിക്കുകയുണ്ടായെങ്കിലും അവ മിക്കതും മുൻകാല രചനയിലെ ആശയങ്ങൾ മറ്റൊരു തരത്തിൽ അവതരിപ്പിക്കുക മാത്രമായിരുന്നു. ഭ്രാന്തുപിടിച്ചപോലെയാണ് ആൽക്കെമിസ്റ്റുകൾ പ്രവർത്തിച്ചിരുന്നത്. "തത്ത്വജ്ഞാനിയുടെ കല്ലി" (Philosopher's Stone) നുവേണ്ടിയായിരുന്നു അവരുടെ മുഖ്യമായ അന്വേഷണം ഇതിന് വിലകുറഞ്ഞ ലോഹങ്ങളെ സ്വർണമാക്കി മാറ്റാനാവുമെന്ന് അവർ വിശ്വസിച്ചു.

ഓരോ ദിവസവും ഓരോ പുതിയ
പരീക്ഷണത്തിന്റേതായിരുന്നു...

ശ്വാസം പിടിച്ചു
നിന്നോ...!

ചരിത്രപരമായ
ഒരു നിമിഷ
ത്തിന് സാക്ഷ്യം
വഹിക്കാൻ
പോവുകയാണ്
നമ്മൾ!

പക്ഷേ,
അവസാനം എപ്പോഴും ഒന്നുതന്നെയായിരുന്നു

പരാജയം!

സുചകാർത്ഥ പ്രയോഗങ്ങളും ദൈവികചിന്തയും അക്കാലത്തെ ആൽക്കെമി രചനകളിൽ സാധാരണമായിരുന്നു. തട്ടിപ്പുകാരും സുലഭമായിരുന്നു. ആൽക്കെമിയുടെ വളർച്ച വഴിമുട്ടി എന്നുതന്നെ പറയാം.

"സമ്മതിക്കുന്നു:
സ്വർണം നിർമിക്കാൻ
നമ്മൾ സ്വർണത്തിൽ
നിന്നുതന്നെ തുടങ്ങണം!"

ആൽക്കെമി അതിന്റെ ആദ്യകാല ലക്ഷ്യങ്ങൾ നേടുന്നതിൽ പരാജയപ്പെട്ടെങ്കിലും, പ്രയോജനകരമായ പല ഉപകരണങ്ങളും രാസപ്രക്രിയകളും കണ്ടുപിടിക്കുകയുണ്ടായി. വാറ്റുപാത്രങ്ങൾ, ഫർണസുകൾ, വാട്ടർബാത്തുകൾ, റിട്ടോർട്ടുകൾ, സ്വേദനഫ്ളാസ്കുകൾ, ബീക്കറുകൾ, അരിപ്പകൾ മുതലായവ കണ്ടെത്തപ്പെട്ടു. ഇവയുടെയെല്ലാം പരിഷ്കരിച്ച രൂപങ്ങൾ ഇന്നും ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്. ലോഹസംസ്കരണസങ്കേതങ്ങളാണ് കൂടുതൽ വികസിച്ചത്. മെർക്കുറി (രസ)യുമായി 'അമാൽഗമേഷൻ' നടത്തുന്നതിലൂടെ സ്വർണം വേർതിരിക്കുകയും ചെടികളെ കരിച്ചുണ്ടാക്കിയ ചാരത്തിൽ നിന്ന് "കാസ്റ്റിക് ആൽക്കലി" നിർമിക്കുകയും ചെയ്തു. ഇങ്ങനെ അനവധി ഉൽപ്പാദന പ്രക്രിയകൾക്കും അവർ രൂപം നല്കുകയുണ്ടായി.

എ ഡി 16 – ാം നൂറ്റാണ്ട്

പ്രായോഗികമായി ചിന്തിച്ച രസതന്ത്രജ്ഞരിൽ പലരും രസതന്ത്രത്തെ മുന്നോട്ട് നയിക്കുകയുണ്ടായി. ലോഹസങ്കരത്തിലോ ലോഹഅയിരിലോ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ലോഹാംശം എത്രയാണെന്നു കണ്ടെത്താനുള്ള ശ്രമം വിപുലമായ മാത്രാനിർണയരീതി (quantitative methods) കൾക്ക് രൂപം നല്കി. ഖനനം, ലോഹസംസ്കരണം, രാസസംയുക്തങ്ങളുടെ തയ്യാറാക്കൽ എന്നിവ സംബന്ധിച്ച വിവരണങ്ങളുൾക്കൊള്ളുന്ന അനവധി പുസ്തകങ്ങൾ രചിക്കപ്പെട്ടു. രസതന്ത്രത്തിന്റെ പ്രായോഗികവും പ്രവർത്തനപരവുമായ വശം കൂടുതൽ വികാസംപ്രാപിച്ച സമയമായിരുന്നു അത്. എന്നാൽ സൈദ്ധാന്തികമായ വശമാകട്ടെ വേണ്ടത്ര പുരോഗതി നേടുകയുണ്ടായില്ല.

എ ഡി 1500–ൽ, ഹെയ്റോനിമസ് ബ്രൺഷിങ് (Hieronymus Brunschwing) (ഏകദേശം സി 1450–1513), *'ലിബർ ഡി ആർട്ടെ ഡിസ്റ്റിലാഡി'* (Liber de arte distillandi) എന്ന വിഖ്യാതമായ ഒരു പുസ്തകം പ്രസിദ്ധീകരിക്കുകയുണ്ടായി. സസ്യജന്യവും ജന്തുജന്യവുമായ വസ്തുക്കളിൽ നിന്നും നീരാവിയുപയോഗിച്ച് സ്വേദനം നടത്തുന്നതിനാവശ്യമായ മാർഗങ്ങളും ഉപകരണങ്ങളും സംബന്ധിച്ച വിവരണങ്ങളാണ് അതിലുണ്ടായിരന്നത്. അതിലെ വിഷയാവതരണവും ചിത്രങ്ങളും രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും സ്വേദനത്തിനുമായി ഉപയോഗിക്കുന്ന ഉപകരണങ്ങൾ സംബന്ധിച്ച വിവരണങ്ങളും അതിനെ അക്കാലത്തെ ഏറ്റവും ആധികാരികമായ രചനകളിലൊന്നാക്കി മാറ്റി. "വാട്ടർ ബാത്ത്" ഉപയോഗിച്ചുള്ള സ്വേദനരീതികളായിരുന്നു ബ്രൺഷിങ് കൂടുതലായും ആശ്രയിച്ചിരുന്നത്. സസ്യങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള സ്വേദിതോൽപ്പന്നങ്ങൾ വേർതിരിക്കാനായി അദ്ദേഹം ഉപയോഗിച്ച കോണാകൃതിയിലുള്ള പാത്രം' **റോസെൻഹട്ട്** (Rosenhut) എന്നാണ് അറിയപ്പെട്ടിരുന്നത്. വായു ഉപയോഗിച്ച് തണുപ്പിക്കാവുന്ന രീതിയിലാണ് ഇത് നിർമിച്ചിരുന്നത്.

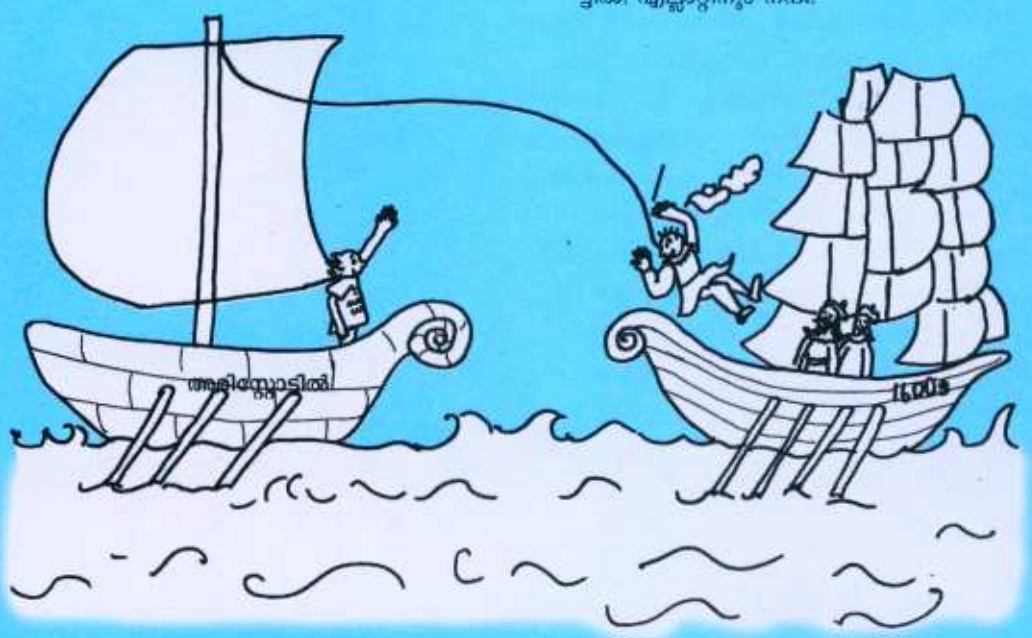
റോസെൻഹട്ട്

പതിനാറാം നൂറ്റാണ്ടിലെ വിവാദനായകന്മാരിലൊളായിരുന്നു **ഫിലപ്പസ് തിയോഫ്രാസ്റ്റസ് ബൊംബാസ്റ്റസ് വോൺ ഹോൻഹെയിം (1493-1541)** (Philippus Theophrastus Bombastus von Hohenheim). **'പാരാസെൽസസ്'** എന്ന സ്വയം സ്വീകരിച്ച പേരിലാണ് അദ്ദേഹം അറിയപ്പെട്ടിരുന്നത്. 'ഇയാട്രോകെമിസ്ട്രി' ആയിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രധാന പഠനമേഖല. അതായത്, രോഗശമനത്തിനായി എങ്ങനെ രസതന്ത്രത്തെ ഉപയോഗിക്കാം എന്നത്.

വലിയ ദേഷ്യക്കാരനായിരുന്നു പാരാസെൽസസ്. സമകാലീനരായ ഭിഷഗ്വരന്മാരേയും ഔഷധനിർമാതാക്കളെയും മുൻകാല ആൽക്കെമിസ്റ്റുകളേയും നിശിതമായി വിമർശിച്ച അദ്ദേഹം അതിലൂടെ തന്നെ പ്രശസ്തനായിത്തീർന്നു. ഔഷധക്കൂട്ടുകൾ നിർമിക്കുന്നതിനായി, ലോഹങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്നതും പ്രാമാണികവുമായ അനവധി രാസപ്രക്രിയകൾക്ക് അദ്ദേഹം സ്വന്തമായി രൂപം നല്കുകയുണ്ടായി. അനവധി ലോഹസംയുക്തങ്ങളെ ലായനിരൂപത്തിലേക്ക് മാറ്റിയെടുക്കാനും അദ്ദേഹത്തിനു കഴിഞ്ഞു. രാസപരമായ രൂപാന്തരങ്ങളെ അതുവരെയും ഒറ്റയ്ക്കൊറ്റയ്ക്കാണ് രസതന്ത്രജ്ഞർ കണക്കിലെടുത്തിരുന്നത്. ഇതിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾക്കെല്ലാം ഒരു പൊതുമാതൃക രൂപപ്പെടുത്തിയത് പാരാസെൽസസ് ആയിരുന്നു.

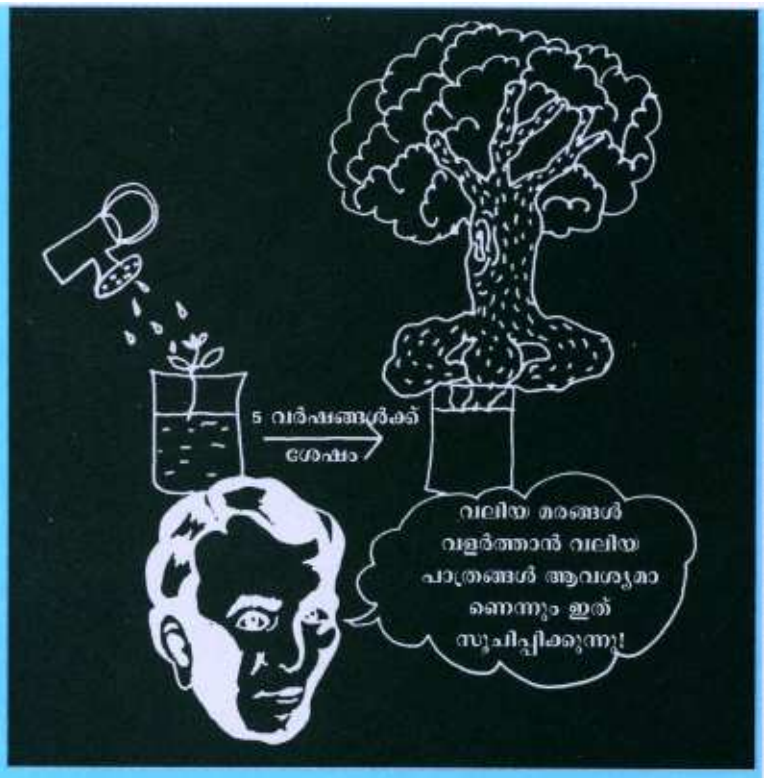
എ ഡി 17 - ാം നൂറ്റാണ്ട്

പിന്നെക്കാണാം അരിസ്റ്റോട്ടിൽ! എല്ലാറ്റിനും നന്ദി!



രസതന്ത്രം സ്വതന്ത്രമായ ഒരു ശാസ്ത്രശാഖയായി വികസിക്കുകയും അതു സംബന്ധമായ പുതിയ ചിന്തകളും ആശയങ്ങളും ഉരുത്തിരിയുകയും ചെയ്ത കാലഘട്ടമായിരുന്നു ഇത്. അരിസ്റ്റോട്ടിൽ പോലെയുള്ള ചിന്തകന്മാരുടേതായി ഏതാണ്ട് രണ്ട് ദശാബ്ദങ്ങളായി നിലനിന്ന ആശയങ്ങൾ പലതും തകർന്നടിയുകയും ചെയ്തു.

ബ്രസ്സൽസിനടുത്ത് താമസമുറപ്പിച്ചിരുന്ന ധനാഢ്യനായ ഒരു ഭിഷഗ്വരനായിരുന്നു **വാൻ ഹെൽമണ്ട്** (1577-1644) (Van Helmont). തന്റെ ദീർഘമായ വിഭ്രാന്തജീവിതത്തിൽ ഏറിയകാലവും പരീക്ഷണങ്ങൾക്കാണ് അദ്ദേഹം നീക്കിവച്ചത്. ജലത്തെ മറ്റു വസ്തുക്കളാക്കി മാറ്റാനാവും എന്നായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ വിശ്വാസം. അതിനായി അദ്ദേഹം ഒരു പരീക്ഷണം നടത്തുകയുണ്ടായി.



അദ്ദേഹം ഭാരം അളന്നെടുത്ത നിശ്ചിത അളവിലുള്ള മണ്ണിൽ ഒരു വൃക്ഷത്തൈ അഞ്ചുവർഷം തുടർച്ചയായി നനച്ചു വളർത്തി. അതിനുശേഷമുള്ള നിരീക്ഷണത്തിൽ മരത്തിന്റെ ഭാരം 164 പൗണ്ട് വർധിച്ചതായി കണ്ടെത്തി. അതേസമയം, മണ്ണിന്റെ ഭാരം വ്യത്യാസപ്പെട്ടതുമില്ല.

പക്ഷേ, വിചിത്രമായ അനുമാനമായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റേത്. മരത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗങ്ങളും വളരാനാവശ്യമായ വസ്തുക്കൾ വെള്ളത്തിൽ നിന്നുമാണ് ഉണ്ടാകുന്നതെന്ന് അദ്ദേഹം തീർച്ചപ്പെടുത്തി. പിൽക്കാലത്ത് ഇക്കാര്യം തെറ്റാണെന്ന്തെളിയിക്കപ്പെട്ടെങ്കിലും, പദാർത്ഥങ്ങളുടെ അളവും മാത്രയും നിർണയിക്കുന്നതിനുള്ള പല മാർഗങ്ങൾ കണ്ടെത്താൻ അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശ്രമങ്ങൾ സഹായകമായി. അതുപോലെതന്നെ, ദ്രവ്യം എന്നത് സൃഷ്ടിക്കാനോ നശിപ്പിക്കാനോ കഴിയില്ല എന്ന ആശയം അവതരിപ്പിക്കാനും.

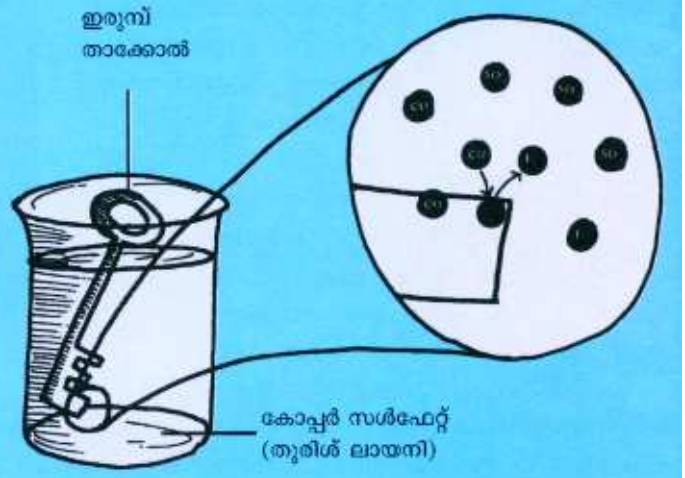
ജൊവാൻ റുഡോൾഫ് ഗ്ലാബെർ (1607-1670) സ്വയം കാര്യങ്ങൾ പഠിച്ച ഒരു രസതന്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു ഗ്ലാബെർ. യൂറോപ്പിലുടനീളം സഞ്ചരിച്ച അദ്ദേഹം നിരവധി കണ്ടെത്തലുകൾ നടത്തുകയുണ്ടായി. അവസാന കാലങ്ങളിൽ, ആംസ്റ്റർഡാമിൽ താമസിച്ച അദ്ദേഹം അവിടെ സുസജ്ജമായ ഒരു പരീക്ഷണശാല നിർമിച്ചു.

"ലവണങ്ങൾ രണ്ട് ഘടകങ്ങളാലാണ് നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. അമ്ലത്തിൽ നിന്നുമുള്ളതാണ് ഒരു ഘടകം. മറ്റേ ഘടകം ലോഹമോ അതിന്റെ "എർത്തോ" (earth) അതായത് ഓക്സൈഡോ ആയിരിക്കും. ലവണങ്ങൾ തമ്മിലോ അമ്ലങ്ങളുമായോ പ്രവർത്തിക്കുന്നതിലൂടെയോ പുതിയ ലവണങ്ങൾ പിറവിയെടുക്കുന്നു. അമ്ലങ്ങൾ വിവിധ ഗാഢതയുള്ളവയാവാം. ഗാഢത കൂടിയ അമ്ലം ഗാഢത കുറഞ്ഞ അമ്ലത്തിന്റെ ലവണവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന്, നൈട്രിക് ആസിഡ് "സാൽ ടാർടാറി" (പൊട്ടാസ്യം കാർബണേറ്റ്)യുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുന്നതിലൂടെ "സാൾട്ട് പീറ്റർ" (പൊട്ടാസ്യം നൈട്രേറ്റ്) സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനത്തിനിടയിൽ, ഒരു വാതകവും പുറത്തുവരുന്നു- കാർബൺഡയോക്സൈഡ്."

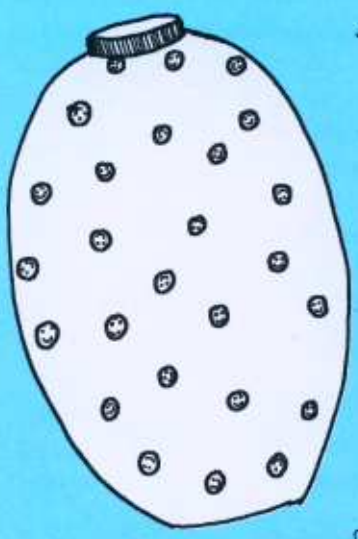
ഗ്ലാബെർ നിർമിച്ച ഒരു ലവണത്തിന്റെ പേരിലാണ് അദ്ദേഹം അറിയപ്പെടുന്നത്. അത്ഭുതകരമായ കഴിവുകൾ ഉള്ളതായി വിശ്വസിച്ചിരുന്ന സോഡിയം സൾഫേറ്റ് എന്ന ആ ലവണം "ഗ്ലാബെറുടെ ലവണം" എന്ന് അറിയപ്പെട്ടു.

പതിനേഴാം നൂറ്റാണ്ടിൽ, രസതന്ത്രത്തിന്റെ സൈദ്ധാന്തികമായ അടിത്തറയിൽ കാതലായ ഒരു മാറ്റം ദൃശ്യമായി. അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ആശയങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള പ്രകടമായ വ്യത്യാസമായിരുന്നു അത്. എല്ലാ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളും ട്രാൻസ്മ്യൂട്ടേഷന് ഉദാഹരണങ്ങളാണെന്നും രാസപ്രവർത്തനത്തിനു ശേഷം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ഉൽപ്പന്നങ്ങളിൽ ഒന്നുപോലും പഴയതായിരിക്കുകയില്ലെന്നും അവയെല്ലാം പുതിയ വസ്തുക്കളായിരിക്കുമെന്ന ചിന്തയിൽനിന്നുള്ള വ്യതിയാനമായിരുന്നു. ഇത് അർത്ഥമാക്കിയത്. എന്നാൽ, കൂടുതൽ പരീക്ഷണങ്ങൾ തെളിവുകളുമായെത്തിയപ്പോൾ ഇത് തെറ്റാണെന്ന് തെളിഞ്ഞു. തുടർച്ചയായ രാസപ്രവർത്തനത്തിലൂടെ കടന്നുപോയാലും മാറ്റത്തിന് വിധേയമാവാത്ത പദാർത്ഥങ്ങളുണ്ടെന്ന് കണ്ടെത്തപ്പെട്ടു. ഇതിലൂടെ രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഓരോ ഘട്ടത്തിലൂടെയും, മാറ്റമില്ലാതെ കടന്നുപോവുന്ന ഏതോ ചില ഘടകങ്ങൾ നിലനിൽക്കുന്നതായി അനുമാനിക്കപ്പെട്ടു. ഡെമോക്രിറ്റസി (Democritus)ന്റെ അറ്റോമിക സിദ്ധാന്തം (Atomic Theory) പൊളിച്ചെഴുതപ്പെടുന്ന സമയവുമായിരുന്നു അത്.

ജൊവാചിം ജുങ് (Joachim Junge, 1587-1637) രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിലെ മാറ്റങ്ങളെ അറ്റോമിക തലത്തിൽ വിശദീകരിക്കാൻ ശ്രമിച്ചത് ഇദ്ദേഹമാണ്. ഉദാഹരണമായി, കോപ്പർ സൾഫേറ്റ് ലായനിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ വയ്ക്കപ്പെടുന്ന ഇരുമ്പ് കഷണത്തെ ചെമ്പ് ആദേശം ചെയ്യുന്നത് 'ട്രാൻസ്മ്യൂട്ടേഷൻ' ആയല്ല കണ്ടെത്തപ്പെട്ടത്. അത് ആറ്റങ്ങളുടെ വിനിമയം മൂലമാണെന്നാണ് മനസ്സിലാക്കപ്പെട്ടത്.

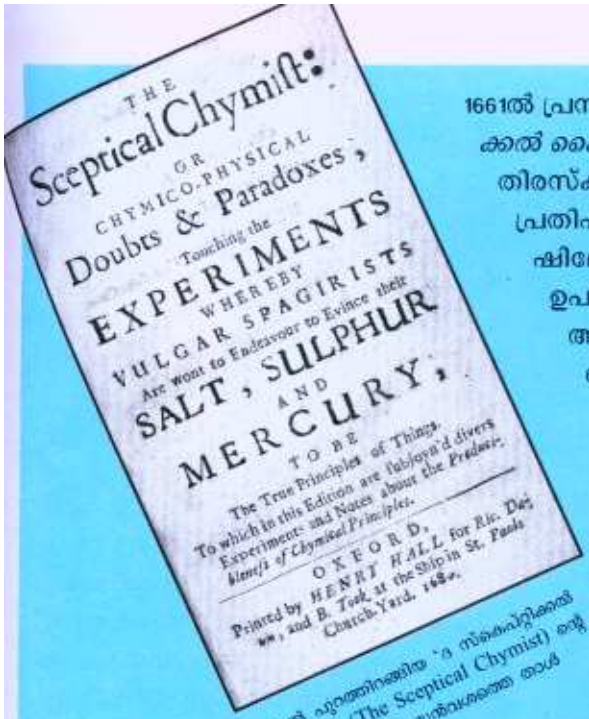


ഇംഗ്ലണ്ട് കർമഭൂമിയാക്കിയ, ഐറിഷ് വംശജനായ ഒരു ശാസ്ത്രാന്വേഷകനായിരുന്നു **റോബർട്ട് ബോയ്ൽ** (Robert Boyle, 1627-1691). തന്റെ പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ മർദവും വ്യാപ്തവും തമ്മിലുള്ള വിപരീതാനുപാതം കണ്ടുപിടിക്കാൻ അദ്ദേഹത്തിനു കഴിഞ്ഞു.



ബോയ്ൽ പറഞ്ഞു, "ചെറുതും ഖരാവസ്ഥയിലുള്ളതും അവിഭാജ്യവുമായ കോർപ്പസലുകളാണ് പ്രകൃതിയുടെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ. രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ ഈ കോർപ്പസലുകൾ ഒത്തുചേർന്ന് വലിയ കൂട്ടങ്ങളായി മാറുന്നു. ഈ സംഘങ്ങളുടെ വലിപ്പം, ആകാരം, ചലനം എന്നിവയാണ് പദാർത്ഥങ്ങൾക്ക് അവയുടേതായ ഗുണവിശേഷങ്ങൾ പകരുന്നത്."

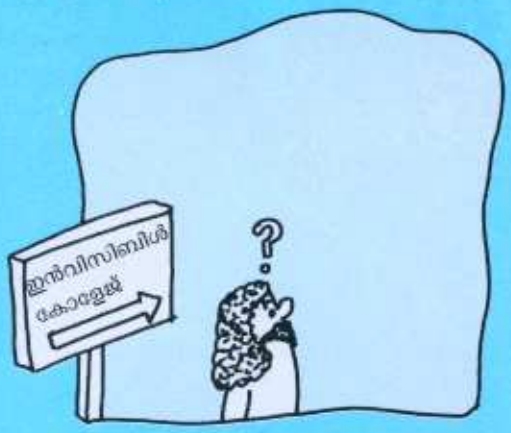
ഡെമോക്രിറ്റസിന്റെ അറ്റോമിക സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ തിരിച്ചുവരവായിരുന്നു അത്. ബോയ്ൽ, അദ്ദേഹത്തിന്റെ പേര് എടുത്തു പറഞ്ഞില്ല എന്നു മാത്രം. അതിനു പകരം അദ്ദേഹം കോർപ്പസലുകൾ എന്ന വാക്കാണുപയോഗിച്ചത്. രാസപ്രവർത്തനങ്ങളെ ഭൗതികപരമായി വിലയിരുത്താനായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശ്രമം. അതിലൂടെ, പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ആകൃതിയേയും ഗുണവിശേഷങ്ങളേയും സംബന്ധിച്ചുള്ള അരിസ്റ്റോട്ടിലിന്റെ ആശയങ്ങളെ നിഷേധിക്കുകയായിരുന്നു അദ്ദേഹം.


THE
Sceptical Chymist:
OR
CHYMICO-PHYSICAL
Doubts & Paradoxes,
Touching the
EXPERIMENTS
WHEREBY
VULGAR SPAGIRISTS
Are wont to Endeavour to Evince their
SALT, SULPHUR
AND
MERCURY,
TO BE
The True Principles of Things.
To which in this Edition are Subjoyn'd divers
Experiments and Notes about the Predecessors
Chymical Principles.
OXFORD,
Printed by HENRY HALL, for Ric. Davis,
and B. Tooke at the Ship in St. Pauls
Church-Yard, 1680.

1680-ൽ പുറത്തിറങ്ങിയ 'ദ സ്കെപ്റ്റിക്കൽ കൈമിസ്റ്റ്' (The Sceptical Chymist) ന്റെ രണ്ടാം പതിപ്പിന്റെ മുൻവശത്തെ താൾ

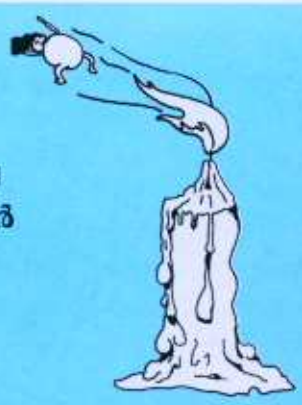
1661ൽ പ്രസിദ്ധീകരിച്ച ബോയ്ലിന്റെ പ്രശസ്തമായ പുസ്തകം - "*ദ സ്കെപ്റ്റിക്കൽ കൈമിസ്റ്റ്*" (The Sceptical Chymist) പഴയ ആശയങ്ങളെയൊട്ടാകെ പാടെ തിരസ്കരിക്കുന്നതായിരുന്നു. കാര്യങ്ങൾ തമാശ കലർത്തി, വിസ്തരിച്ച് പ്രതിപാദിച്ചിരിക്കുന്ന ഈ പുസ്തകത്തിൽ ആൽക്കെമിസ്റ്റുകളെ തർഷീഷിലേക്കുള്ള സോളമന്റെ കപ്പൽ വ്യൂഹത്തിലെ പര്യവേഷകരോടാണ് ഉപമിച്ചിരിക്കുന്നത്. "സ്വർണം, വെള്ളി, ആനക്കൊമ്പ്, എന്നിവ കൂടാതെ ആൾക്കുരങ്ങുകളേയും മയിലുകളേയും അവർ കൊണ്ടുവരികയുണ്ടായി എന്നാണ് പറഞ്ഞിരിക്കുന്നത്. അവരുടെ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ "മയിലിന്റെ പീലികൾ പോലെ മനോഹരമായ ഒരു കാഴ്ചയായിരുന്നു, ചിലപ്പോഴെല്ലാം. അതേസമയം മയിൽപ്പീലി പോലെ അവ ഉപയോഗരഹിതങ്ങളുമായിരുന്നു. മറ്റുചിലത്, മനുഷ്യക്കുരങ്ങുകളെപ്പോലെ യുക്തഭദ്രങ്ങളായിരുന്നു. എന്നാൽ, മണ്ടത്തരങ്ങളും അബദ്ധധാരണകളുംകൊണ്ട് വികൃതമായവയും അവയ്ക്കിടയിലുണ്ടായിരുന്നു." പതിനേഴാം നൂറ്റാണ്ടിലെ രസതന്ത്രജ്ഞർക്കിടയിൽ വളരെയധികം സ്വാധീനം ചെലുത്തിയിരുന്നതായിരുന്നു ഈ പുസ്തകം.

1640-മുതൽ, പരീക്ഷണശാലകളിൽ തങ്ങൾ നേരിട്ട പ്രശ്നങ്ങളെക്കുറിച്ച് ചർച്ച ചെയ്യാനും മറ്റുമായി ശാസ്ത്രജ്ഞർ സംഘടനകൾ രൂപീകരിച്ചു. പലതും പിൽക്കാലത്ത് പൊതുസംഘടനകളായി മാറി. അത്തരത്തിലൊരു സംഘമായിരുന്നു "ഇൻവിസിബിൾ കോളേജ്." ഇതിലെ ഒരു അംഗമായിരുന്നു ബോയ്ൽ. ഓക്സ്ഫോർഡിലും ലണ്ടനിലും ഒരു ശാസ്ത്രസംഘടനയെന്ന നിലയിൽ ആയിരുന്നു പ്രശസ്തമായ റോയൽ സൊസൈറ്റിയുടെ തുടക്കം.



പതിനേഴാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനം

പതിനേഴാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനത്തോടെ ശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ ശ്രദ്ധ, 'ജ്വലനം' (Combustion) എന്നാൽ എന്തെന്ന് മനസ്സിലാക്കുന്നതിലേക്കും രാസസംയുക്തങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിനു കാരണമാവുന്ന ശക്തികളുടെ അനാവരണത്തിലേക്കും തിരിയുകയുണ്ടായി.വസ്തുക്കൾ കത്തുന്നത് നിരീക്ഷിക്കുന്നതിൽ നിന്നും, തീനാളം വസ്തുവിൽ നിന്നും രക്ഷപ്പെടാൻ ശ്രമിക്കുന്നതായി തോന്നിയതുകാരണം, ജ്വലനപ്രക്രിയയ്ക്കിടയിൽ വസ്തുക്കളിൽ നിന്നും എന്തോ നഷ്ടമാവുന്നതായി അവർ അനുമാനിച്ചു. കാർബണികവസ്തുക്കൾ കത്തിയതിനുശേഷം അവശേഷിക്കുന്ന ചാരം, താരതമ്യേന ഭാരം കുറഞ്ഞതായി കണ്ടെത്തിയത് ഈ വിശ്വാസത്തെ ദൃഢപ്പെടുത്തുന്നതായിരുന്നു. അതേസമയം, ലോഹസംസ്കരണം നടത്തുന്നവർ വ്യത്യസ്തമായ മറ്റൊരു കാര്യമാണ് നിരീക്ഷിച്ചത്. ലോഹങ്ങൾ ചൂടാക്കിയതിനുശേഷം അവശേഷിക്കുന്ന പൊടിക്ക് ഭാരക്കൂടുതലുള്ളതായി അവർ കണ്ടെത്തി. എന്നാൽ, ഇതിനെ കാർബണികപദാർത്ഥങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ട് പൊതുവായ ഒരു വിശകലനത്തിലേക്കെത്താൻ അവർക്ക് കഴിഞ്ഞില്ല.ജ്വലനത്തിന് വായു ആവശ്യമാണെന്ന് പരീക്ഷണങ്ങൾ തെളിയിച്ചു. ഉദാഹരണമായി, വായു ശൂന്യമാക്കിയ സ്ഥലത്ത് സൾഫർ കത്തിക്കാൻ ശ്രമിച്ചപ്പോൾ ബോയ്ൽ പരാജയപ്പെട്ടിരുന്നു.



കത്താൻ കഴിയുന്ന എല്ലാ വസ്തുക്കളിലും 'ടെറാ പിൻഗസ്' (Terra Pingus) എന്ന കൊഴുപ്പുനിറഞ്ഞ ഘടകം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു എന്ന് അഭിപ്രായപ്പെട്ടത് ജർമനിയിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന **ജൊവാൻ ജോചിം ബെകർ** (Johann Joachim Becher, 1635-1682) എന്ന രസതന്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു.

"ജ്വലനംനടക്കുമ്പോൾ വസ്തുക്കളിൽ നിന്നും 'ഫ്ളോഗിസ്റ്റൻ' നഷ്ടപ്പെടുന്നതിനുള്ള ഒരു മാധ്യമമായി വായു ആവശ്യമാണ്. ലോഹങ്ങളെ ചൂടാക്കുമ്പോൾ, അവയിൽ നിന്നും 'ഫ്ളോഗിസ്റ്റൻ' നഷ്ടപ്പെടുകയും അവ 'കാൽക്സ്' (calx) അഥവാ 'ഓക്സൈഡ്' (oxide) ആയി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇതിൽ നിന്നും ഓക്സൈഡിനെക്കാൾ സങ്കീർണ ഘടനയുള്ളതാണ് ലോഹങ്ങൾ എന്നു മനസ്സിലാക്കാം."

ജോർജ് ഏണസ്റ്റ് സ്റ്റാൾ (George Ernst Stahl) എന്ന അദ്ദേഹത്തിന്റെ വിദ്യാർത്ഥി, ഈ ആശയം കുറേക്കൂടി വ്യക്തമാക്കുകയും 'ജ്വലനം' എന്നതിനെ വിശദമാക്കാൻ പുതിയൊരു സിദ്ധാന്തത്തിന് രൂപം നല്കുകയും ചെയ്തു. തീപോലെയുള്ള ഒരു ഘടകം - **ഫ്ളോഗിസ്റ്റൻ** (phlogiston) അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതുകൊണ്ടാണ് വസ്തുക്കൾ കത്തുന്നതെന്നായിരുന്നു സ്റ്റാളിന്റെ അഭിപ്രായം. "കത്താൻ കഴിയുന്നത്" അഥവാ "കത്തിയത്" എന്നർത്ഥം വരുന്ന ഗ്രീക്ക് പദത്തിൽ നിന്നുമാണ് ഫ്ളോഗിസ്റ്റണിന്റെ വരവ്.

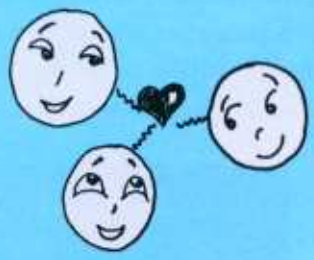
'ജ്വലനം'സംബന്ധിച്ച് അന്ന് അറിയാമായിരുന്ന പല കാര്യങ്ങൾക്കും ഏറ്റവും മികച്ചതരത്തിലുള്ള വിശദീകരണം നല്കാൻ ഫ്ളോഗിസ്റ്റൻ സിദ്ധാന്തത്തിന് കഴിഞ്ഞു. നമ്മൾ ഇന്നു മനസ്സിലാക്കുന്നതിന്റെ നേരെ വിപരീതമായ അർത്ഥത്തിലാണെങ്കിലും ഓക്സീകരണവും നിരോക്സീകരണവുംവിശദമാക്കാൻ അതിനു കഴിഞ്ഞു. ഉദാഹരണമായി, ഓക്സീകരണം എന്നത് ഓക്സിജനുമായുള്ള കൂടിച്ചേരലായാണ് നാം ഇന്ന് മനസ്സിലാക്കുന്നത്. എന്നാൽ, സ്റ്റാളിന്റെ സിദ്ധാന്ത പ്രകാരം, ഓക്സീകരണമെന്നാൽ ഫ്ളോഗിസ്റ്റനിന്റെ നഷ്ടപ്പെടലായിരുന്നു.

പക്ഷേ, കാർബണിക വസ്തുക്കൾ കത്തിച്ചതിനുശേഷമുണ്ടാവുന്ന ഉൽപ്പന്നത്തിന് ആദ്യമുള്ളതിനേക്കാൾ ഭാരം കുറവായിരുന്നു. ലോഹങ്ങളെ ചൂടാക്കിപൊടിക്കുന്ന പ്രവർത്തനം മറ്റൊരു പ്രശ്നത്തിനും കാരണമായി. ഇതും നേരത്തെ പറഞ്ഞ പ്രവർത്തനത്തിന് സമാനമായിരിക്കും എന്നാണ് കരുതപ്പെട്ടിരുന്നത്. എന്നാൽ, ജ്വലനത്തിനുശേഷമുള്ള ഉൽപ്പന്നത്തിന്റെ ഭാരം, ജ്വലനത്തിനു മുമ്പുള്ളതിനെക്കാൾ കൂടുതലായിരുന്നു. എന്നാൽ, സ്റ്റാളിന് ഇതൊരു പ്രശ്നമായി തോന്നിയില്ല. അദ്ദേഹം 'ഫ്ളോഗിസ്റ്റനി' നെ ഒരു ഭൗതിക വസ്തുവായി കണക്കിലെടുക്കുന്നതിനുപകരം അതിനെ ഒരു പ്രവർത്തനതത്ത്വമായാണ് വിലയിരുത്തിയത്. കേവലമായ ഈ ചിന്ത, പിൽക്കാലത്ത് അതിനു വിരുദ്ധമായുണ്ടായ പുതിയ കണ്ടെത്തലുകളുടെ പശ്ചാത്തലം കൂടിയായപ്പോൾ പതുക്കെ അപ്രസക്തമായിത്തീർന്നു.

എന്നാൽ, 1700-ന്റെ മധ്യകാലത്തിൽ, ഫ്ളോഗിസ്റ്റൺ സിദ്ധാന്തം ഏറെക്കൂറെ പൂർണമായിത്തന്നെ സ്വീകരിക്കപ്പെട്ടിരുന്നു.

"ചെടികൾ വായുവിൽ നിന്നും 'ഫ്ളോഗിസ്റ്റൺ' വലിച്ചെടുക്കുന്നതിനാൽ അവയിൽ ഫ്ളോഗിസ്റ്റനിന്റെ അളവ് കൂടുതലായിരിക്കും. ചെടികളിൽ നിന്നുള്ള പദാർത്ഥങ്ങൾക്ക് ലോഹഓക്സൈഡുകളുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കാൻ കഴിയും. ഇതിലൂടെ ഫ്ളോഗിസ്റ്റൺ പുനഃസ്ഥാപിക്കപ്പെടുകയും അവ വീണ്ടും ലോഹങ്ങളാക്കി മാറ്റപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഫ്ളോഗിസ്റ്റൺ ഏറ്റവുമധികം അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന വസ്തുവാണ് 'ചാർക്കോൾ' (charcoal). ഇതു കാരണം ഈ ആവശ്യത്തിനായി ഏറ്റവുമധികം ഉപയോഗിക്കാൻ കഴിയുന്നത് ചാർക്കോളാണ്."

ഇതിനു സമാന്തരമായി, രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന ചാലക ശക്തികളെ സംബന്ധിക്കുന്ന സിദ്ധാന്തങ്ങളും വികസിപ്പിക്കപ്പെട്ടു. പദാർത്ഥകണങ്ങൾക്ക് രാസപ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെടാനുള്ള താല്പര്യത്തെ 'രാസബന്ധനാസക്തി' (chemical affinity) എന്നാണ് വിവക്ഷിക്കപ്പെട്ടത്. ന്യൂട്ടൻ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ടാണ് ഇതും വിശദമാക്കാൻ ശ്രമിച്ചത്. പദാർത്ഥകണങ്ങൾ സ്വായത്തമാക്കിയിരിക്കുന്ന സവിശേഷമായ ഒരു തരം ആകർഷണ ബലമാണ് ഇതിനിടയാക്കുന്നതെന്നായിരുന്നു വിശ്വാസം. ഇതിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി രാസഘടകങ്ങളുടെ പ്രതിപ്രവർത്തനതാത്പര്യം സൂചിപ്പിക്കുന്ന വിപുലമായ ചാർട്ടുകൾ രസതന്ത്രജ്ഞർ തയ്യാറാക്കിയിരുന്നു. ഇതിലൂടെ സമാന പ്രവർത്തനങ്ങളിലേർപ്പെടുന്ന മറ്റ് രാസസംയുക്തങ്ങളുടെ പ്രതിപ്രവർത്തന താത്പര്യവും പ്രവചിക്കാനാവുമെന്ന് അവർ കരുതി.



ഇതുപോലൊരു പട്ടികയായിരുന്നു **എറ്റൈനെ-ഫ്രാങ്കോയ്സ് ജെഫ്രി-** (1672-1731) യുടേത്. പദാർത്ഥങ്ങളെ, അവയുടെ ആൽക്കെമി സൂചകം മുകളിലെഴുതിയശേഷം, കോളങ്ങളായി എഴുതിത്തയ്യാറാക്കി. കോളത്തിൽ താഴെയായി ഉണ്ടായിരുന്നത് മുകളിലുള്ള പദാർത്ഥവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെടാൻ കഴിയുന്ന മറ്റ് പദാർത്ഥങ്ങളുടെ പേരുകളായിരുന്നു. കോളത്തിൽ താഴേക്ക് പോകുന്തോറും പ്രതിപ്രവർത്തനതാല്പര്യം കുറയുന്ന രീതിയിൽ ഇവയെ ക്രമീകരിച്ചു.

Geoffroy's Table of Affinities. (From *Mémoires de l'académie royale des sciences*, 1718, p. 212.)

നമുക്കറിയാവുന്ന രാസസംയുക്തങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുത്തി ഈ പട്ടിക സമാഹരിക്കുക ശ്രമകരമാണ്.

വാതകങ്ങൾ രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ ഏർപ്പെടുന്നവയല്ല എന്നായിരുന്നു കരുതപ്പെട്ടിരുന്നത്. പതിനെട്ടാം നൂറ്റാണ്ടിലെ രസതന്ത്രപരീക്ഷണശാലകൾ നടത്തിയ ഏറ്റവും പ്രധാന കണ്ടുപിടിത്തം വാതകങ്ങളേയും രാസഘടകങ്ങളായി കണക്കിലെടുക്കുകയും തിരിച്ചറിയപ്പെടുകയും ചെയ്തു എന്നതാണ്.

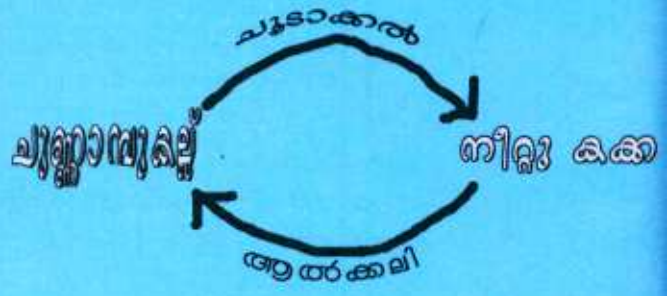
ഹെയ്ലിന്റെ 'ന്യൂമാറ്റിക് ട്രഫ്'

സ്റ്റീഫൻ ഹെയ്ൽസ് (Stephen Hales, 1677-1761) എന്ന ഇംഗ്ലീഷ് വൈദികനാണ് വിവിധതരം പദാർത്ഥങ്ങൾ ചൂടാക്കുമ്പോൾ പുറത്തേക്കു വരുന്ന "വായു" സംബന്ധമായ പരീക്ഷണങ്ങൾ നടത്തിയത്. ഇത്തരം പരീക്ഷണങ്ങൾക്കിടയിൽ, അദ്ദേഹം രൂപംകൊടുത്ത ഉപകരണമായിരുന്നു. 'ന്യൂമാറ്റിക് ട്രഫ്' (Pneumatic trough). രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെയുണ്ടാവുന്ന വാതകങ്ങളെ ജലത്തിനുമുകളിൽ ആദേശം ചെയ്തു സൂക്ഷിക്കാവുന്ന സംവിധാനമായിരുന്നു ഇത്. രസതന്ത്രമേഖലയിൽ, പിൽക്കാലത്ത് ഗവേഷണം നടത്തിയ പലർക്കും ഈ കണ്ടെത്തൽ ഏറെ സഹായകമായി.

"വാതകങ്ങൾ രാസപ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെടുമെന്ന് നാം കണ്ടല്ലോ. ഖരാവസ്ഥയിൽ ഉറപ്പായിരിക്കുന്ന വാതകത്തെ (CO_2) ഉറപ്പാർന്ന വാതകം (Fixed air) എന്നു വിളിക്കാം."

എഡിൻബെർഗ് സർവകലാശാലയിലെ ഡോക്ടറൽ ബിരുദത്തിനായി സമർപ്പിക്കേണ്ടിയിരുന്ന പ്രബന്ധത്തിന്റെ ഭാഗമായി, വാതകങ്ങളെക്കുറിച്ച് ഗഹനമായ പഠനം നടത്തിയ രസതന്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു ജോസഫ് ബ്ലാക്ക് (Joseph Black, 1728-1799).

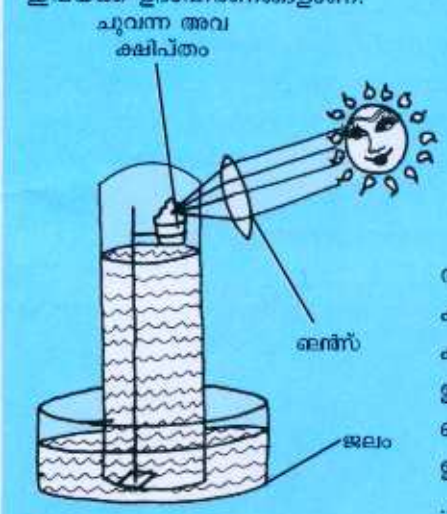
"ചുണ്ണാമ്പ് കല്ല് അഥവാ കാൽസ്യം കാർബണേറ്റ് ചൂടാക്കുമ്പോൾ അത് നീറ്റു കക്ക അഥവാ (കാൽസ്യം ഓക്സൈഡ്) ആയി മാറുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. നീറ്റു കക്ക സോഡിയം കാർബണേറ്റുപോലെയുള്ള ഏതെങ്കിലും ആൽക്കലിയുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുമ്പോൾ അത് തിരിച്ച് ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് ആയി മാറുന്നു."



രസതന്ത്രജ്ഞരുടെ ചിന്തയെയാകെ മാറ്റിമറിച്ച പഠനമായിരുന്നു ഇത്. വാതകരൂപത്തിലുള്ള ഒരു പദാർത്ഥത്തിന്, ഖരരൂപത്തിലുള്ള ഒന്നുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കാനാവുമെന്നും അതിലൂടെ വ്യത്യസ്ത രാസഗുണങ്ങളുള്ള ഒരു പുതിയ രാസപദാർത്ഥം ഉണ്ടാകുമെന്നും ആദ്യമായി തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. ദുരൂഹമായ ഏതോ ശക്തിയുടെ പ്രഭാവമാണ് ഇത്തരം ഭൗതികാവസ്ഥകൾക്ക് കാരണമെന്നാണ് അതുവരെ വിശ്വസിക്കപ്പെട്ടിരുന്നത്.

രസതന്ത്രജ്ഞരിൽ തുടക്കക്കാരനായെത്തിയ **ജോസഫ് പ്രീസ്റ്റ്ലി** (1733-1804) വ്യവസ്ഥാപിത മതവിശ്വാസങ്ങളോട് വിയോജിച്ചിരുന്ന ഒരു പുരോഹിതനായിരുന്നു. രസതന്ത്രത്തെക്കുറിച്ച് യാതൊരു അറിവുമില്ലായിരുന്ന അദ്ദേഹം 38 ാം വയസ്സിലാണ് രസതന്ത്രത്തിലെ തന്റെ അന്വേഷണങ്ങൾക്ക് തുടക്കമിട്ടത്. ഒരു മദ്യവാറ്റുകേന്ദ്രത്തിന് അടുത്തായിട്ടായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ താമസം. CO_2 വാതകം യഥേഷ്ടം ലഭിക്കാൻ ഇത് അവസരമൊരുക്കി. ഇത് ഈ CO_2 നെക്കുറിച്ച് കൂടുതലായി പഠിക്കാനും അത് തീയണയ്ക്കാൻ സഹായിക്കുന്ന ഒന്നാണെന്ന് കണ്ടെത്താനും അദ്ദേഹത്തെ സഹായിച്ചു. ന്യൂമാറ്റിക്ട്രഫി ൽ വെള്ളത്തിനു പകരം രസം ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് വെള്ളത്തിൽ ലയിച്ചു ചേരുന്ന വാതകങ്ങളെ വേർതിരിച്ചെടുക്കാൻ പ്രീസ്റ്റിലിക്കു കഴിഞ്ഞു. അതുവരെയും വേർതിരിക്കപ്പെട്ടിട്ടില്ലാത്ത വാതകങ്ങളെ വേർതിരിച്ചെടുക്കാൻ ഇതിലൂടെ അദ്ദേഹത്തിന് സാധിച്ചു. നൈട്രിക് ഓക്സൈഡ് കാർബൺമോണോക്സൈഡ് സൾഫർ ഡയോക്സൈഡ്, ഹൈഡ്രജൻ ക്ലോറൈഡ്, അമോണിയ എന്നിവ ഇവയ്ക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

കാർബൺ ഡയോക്സൈഡ് സംബന്ധമായ പ്രീസ്റ്റ്ലിയുടെ പഠനങ്ങളുടെ പ്രായോഗികമായ പ്രയോജനം 1772-ലാണുണ്ടായത്. 'സോഡാ വെള്ള' (Soda water) ത്തിന്റെ കണ്ടെത്തലായിരുന്നു അത്.

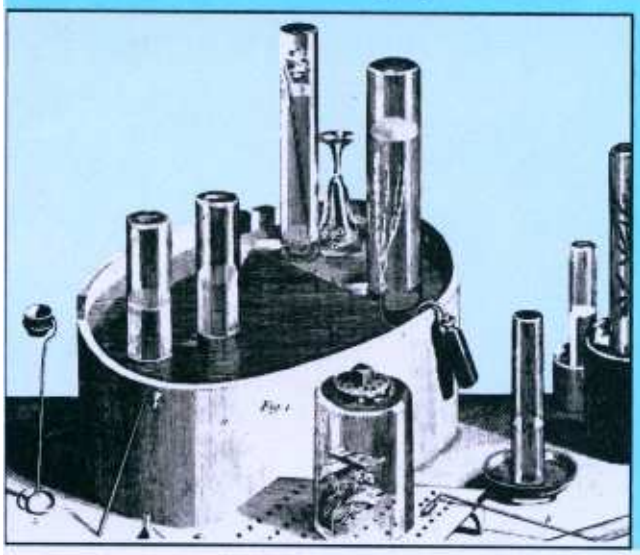


1774-ൽ പ്രീസ്റ്റ്ലി പുതിയൊരു വാതകം കണ്ടെത്തി. അന്നുവരെ അറിയപ്പെടാതിരുന്ന 'മെർക്കുറിക് ഓക്സൈഡ്' എന്ന പദാർത്ഥത്തെ ചൂടാക്കുന്നതിലൂടെയായിരുന്നു അത്. സൂര്യപ്രകാശത്തെ ലെൻസുപയോഗിച്ച് അതിലേക്ക് കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നതിലൂടെയായിരുന്നു അദ്ദേഹം ഇത് സാധിച്ചത്. നിറമോ മണമോ ഇല്ലാത്തതായ പുതിയ വാതകത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ, മെഴുകുതിരിനാളം കൂടുതൽ തെളിഞ്ഞു കത്തുന്നതായി പ്രീസ്റ്റ്ലി നിരീക്ഷിച്ചു.

അന്തരീക്ഷവായു നിറച്ച, അടഞ്ഞ ജാറുകൾക്കുള്ളിൽ കഴിഞ്ഞിരുന്ന ജീവികളെക്കാൾ, പുതിയ വാതകം നിറച്ച ജാറിനുള്ളിലെ ജീവികൾ കൂടുതൽ സമയം ജീവനോടെയിരിക്കുന്നതായും അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി. ഈ പുതിയ വാതകം ഏതായിരുന്നെന്നോ? ... ഓക്സിജൻ!

ജ്വലനത്തിന്റെ സമയത്ത് പുറത്തുവിടുന്ന ഫ്ളോഗിസ്റ്റനിനെ വലിച്ചെടുക്കാനുള്ള കഴിവ് വളരെ കൂടുതലുള്ളതായി നിരീക്ഷപ്പെട്ടതിനാൽ ഈ വാതകം "ഡീഫ്ളോഗിസ്റ്റിക്കേറ്റഡ് വാതകം" എന്നാണ് അറിയപ്പെട്ടത്.

കാൾ വില്യം ഷീലെ (Carl Wilhelm Scheele, 1742-1786) എന്ന മറ്റൊരു ശാസ്ത്രജ്ഞനും സ്വതന്ത്രമായി ഓക്സിജനെ കണ്ടെത്തിയിരുന്നു.



പ്രീസ്റ്റ്ലി, വാതകങ്ങളിൽ നടത്തിയ പരീക്ഷണ സജ്ജീകരണങ്ങളാണ് ചിത്രത്തിൽ ഉള്ളത്. *എക്സ്പെരിമെന്റ്സ് ആന്റ് ഒബ്സർവേഷൻസ് ഓൺ ഡിഫറന്റ് കൈൻഡ്സ് ഓഫ് എയർ* എന്ന പുസ്തകത്തിൽ നിന്നും എടുത്തിട്ടുള്ളതാണ് മുകളിൽ ചേർത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രം. വലിയ പാത്രമാണ് 'ന്യൂമാറ്റിക് ട്രഫ്' മറ്റു ജാറുകൾക്കുള്ളിൽ ചുണ്ടെലിയേയും സസ്യത്തേയും കാണാം.

പ്രകാശത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ ചെടികൾ ഡീഫ്ളോഗിസ്റ്റിക്കേറ്റഡ് വാതകം പുറത്തുവിടുന്നതായി പ്രീസ്റ്റിലി കണ്ടെത്തി. ഇത് പിൽക്കാലത്ത് പ്രകാശസംശ്ലേഷണം സംബന്ധിച്ചുള്ള പഠനങ്ങൾക്കുള്ള അടിസ്ഥാനമായി.

എന്നാൽ, ഫ്ളോഗിസ്റ്റൻ സിദ്ധാന്തം അനുസരിച്ച് വിശദീകരിക്കാനാവാത്ത പല പരീക്ഷണ ഫലങ്ങളും പിൽക്കാലങ്ങളിലുണ്ടായി.

ജ്വലനം, മറ്റു രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയെ വിശദീകരിക്കുന്നതിനായി പുതിയ സിദ്ധാന്തങ്ങൾ രൂപവത്കരിച്ചയാളായിരുന്നു *അന്റോയ്ൻ ലൗറന്റ് ലാവോസിയർ (1743-1794). അദ്ദേഹത്തിന്റെ സംഭാവനകൾ രസതന്ത്രത്തെ പുതിയ അടിത്തറകളിലേക്ക് നയിക്കുകയുണ്ടായി. ഫ്രഞ്ച് വംശജനായ ഒരു ധനികനായിരുന്നു ലാവോസിയർ

രാസവിപ്ലവം

"ലോഹങ്ങളെ നീറ്റിപ്പൊടിക്കുക എന്നത് (calcination) ഫോസ്ഫറസ്, സൾഫർ എന്നിവയെ കത്തിക്കുന്നതിന് സമാനമാണ്. വായുവുമായുള്ള കൂടിച്ചേരലുകളാണവ."

കാൽക്സ്

1770-കൾ

ഒരു അടഞ്ഞ പാത്രത്തിനുള്ളിൽവെച്ച് വെളുത്തീയ (Tin) ത്തെ ലാവോസിയർ നീറ്റലിനു (calcination) വിധേയമാക്കി. ഇതിലൂടെ ലോഹത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗം കാൽക്സ് അഥവാ അതിന്റെ "ഓക്സൈഡ്" ആയി മാറി. പക്ഷേ, പാത്രത്തിന്റെ മൂടി തുറക്കുന്നതുവരെ ഭാരത്തിൽ വ്യത്യാസമൊന്നും കണ്ടെത്താനായില്ല. അടപ്പു തുറന്നപ്പോൾ വായു അകത്തേക്ക് തള്ളിക്കയറുന്ന ശബ്ദവും കേൾക്കാനായി. കാൽക്സി നുണ്ടായ ഭാരക്കൂടുതലിനു കാരണം, വായു അതുമായി കൂടിച്ചേർന്നതാണെന്ന് ഇതിലൂടെ തെളിഞ്ഞു. ലോഹം എന്നത് ലഘുഘടനയുള്ള ഒരു പദാർത്ഥമാണെന്നും കാൽക്സിന് അതിനേക്കാൾ സങ്കീർണ ഘടനയാണുള്ളതെന്നും മനസ്സിലാക്കപ്പെട്ടു. ഫ്ളോഗിസ്റ്റൻ സിദ്ധാന്തപ്രകാരമുള്ള ധാരണയ്ക്ക് വിരുദ്ധമായതായിരുന്നു ഈ കണ്ടെത്തൽ.

"എല്ലാ ജ്വലനപ്രക്രിയകളിലും ഓക്സിജനുമായുള്ള കൂടിച്ചേരൽ സംഭവിക്കുന്നുവെന്നും അതോടൊപ്പം പ്രകാശവും താപവും പുറത്തുവരുന്നുവെന്നും തിരിച്ചറിയപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ, ഫ്ളോഗിസ്റ്റൻ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അനവധി ന്യൂനതകൾ പരിഹരിക്കപ്പെടാനാവും."

*ഫ്രഞ്ചുവിപ്ലവം കൊടുമ്പിരിക്കൊണ്ടിരുന്ന കാലത്ത്, 1794-ൽ, തന്റെ അൻപതാം വയസ്സിൽ, ലാവോസിയർ ഗില്ലറ്റിൻ ചെയ്യപ്പെട്ടു.

ലാവോസിയറുടെ സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പൂർത്തീകരണത്തിന് അന്തിമമായി ഒരു കാര്യം ആവശ്യമായിരുന്നു. ജലത്തിന്റെ ഘടനയെക്കുറിച്ചുള്ള കൃത്യമായ ധാരണയായിരുന്നു അത്. "തീപിടിക്കുന്ന വാതക" മായ ഹൈഡ്രജൻ ജ്വലനത്തിന് വിധേയമാക്കപ്പെടുന്ന പാത്രങ്ങളുടെ ഉൾവശങ്ങളിൽ ചെറിയ തുള്ളികൾ രൂപപ്പെടുന്നതായി, 1781-ൽ ജോസഫ് പ്രീസ്റ്റ്ലിയും ഹെൻറി കാവെൻഡിഷും നിരീക്ഷിക്കുകയുണ്ടായി. ഇവ വെള്ളത്തുള്ളികളാണെന്ന് പിൽക്കാലത്ത് കണ്ടെത്തുകയുണ്ടായി. ഏതാനും വർഷങ്ങൾ കഴിഞ്ഞപ്പോൾ, ലാവോസിയർ ഇതിനുള്ള വിശദീകരണവുമായെത്തി.... തീപിടിക്കുന്ന വാതകവും (കാവെൻഡിഷ് പിൽക്കാലത്ത് ഇതിനെ തിരിച്ചറിഞ്ഞപ്പോൾ അതിന് ഹൈഡ്രജൻ എന്ന് പേര് നല്കി) ഓക്സിജനും തമ്മിലുള്ള രാസപ്രവർത്തനഫലമായുണ്ടായ സംയുക്തമാണ് ജലം.

1789, പാരീസ്: ട്രൈയിറ്റേ എലിമെന്റൈറേ ഡി ചി മീ (Traite elementaire de chimie) എന്ന പേരിൽ ലാവോസിയർ പുതിയ രസതന്ത്ര പഠന ഗ്രന്ഥം പ്രസിദ്ധപ്പെടുത്തി. പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ അദ്ദേഹം ഫ്ളോഗിസ്റ്റൻ സിദ്ധാന്തത്തെ നിരാകരിക്കുകയും ജ്വലനം ഉൾപ്പെടെയുള്ളവയ്ക്ക് പുതിയ വിശദീകരണം നല്കുകയും ചെയ്തു. ഇതോടൊപ്പം "പ്രകൃതിയിലെ വിവിധ മണ്ഡലങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ലഘുതമവസ്തുക്കളെ പട്ടിക" രൂപത്തിൽ ക്രോഡീകരിക്കാനുള്ള ശ്രമവും അദ്ദേഹം നടത്തുകയുണ്ടായി. ഇതിനെ ആദ്യന്തം യഥാർത്ഥ മൂലകപ്പട്ടികയായാണ് കണക്കാക്കുന്നത്.

ഈ പുസ്തകത്തിൽ "കിണ്വനം" (Fermentation) എന്നതിനെ ഇനിപ്പറയുന്ന തരത്തിലാണ് സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നത്.

മുന്തിരിച്ചാർ = കാർബോണിക് ആസിഡ്+ആൾക്കഹോൾ

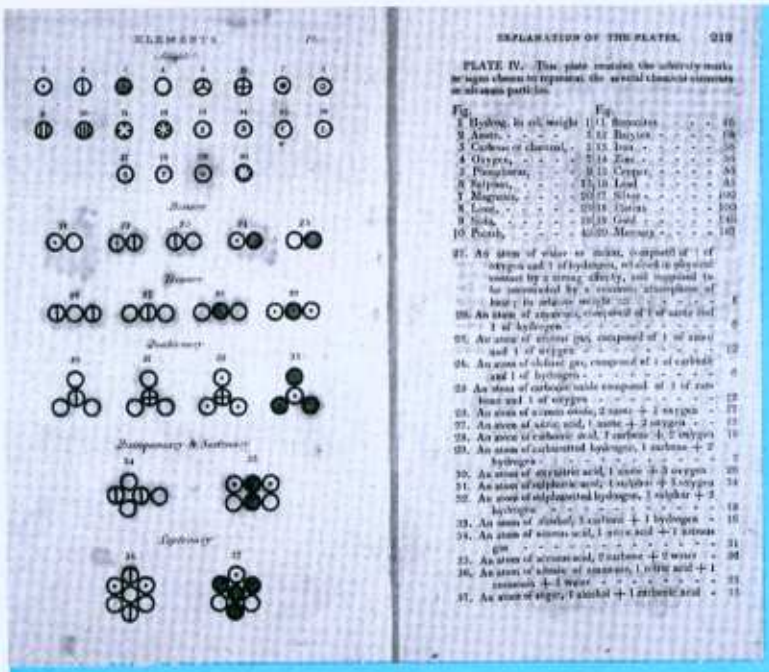
ഇതായിരുന്നു ഇന്നത്തെ രാസസമവാക്യങ്ങളുടെ മുൻഗാമി.

1799-ൽ, മാഡ്രിഡയിലെ പ്രബോധകനായിരുന്ന ഫ്രഞ്ച് രസതന്ത്രജ്ഞൻ **ലൂയി പ്രൊസ്റ്റ്** (Louis Proust, 1754-1826), സ്ഥിരാനുപാത നിയമം (Law of constant proportions) പ്രായോഗികമായി ശരിയാണെന്ന് തെളിയിക്കുകയുണ്ടായി. രാസസംയുക്തങ്ങളിലെ ഘടകങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം സ്ഥിരമാണെന്നായിരുന്നു ഇതിന്റെയർത്ഥം. ഉദാഹരണമായി, കോപ്പർ കാർബണേറ്റിലെ മൂലകങ്ങളുടെ ഭാരാനുപാതം എപ്പോഴും സ്ഥിരമായിരിക്കും; അത് പരീക്ഷണശാലയിൽ നിർമിക്കപ്പെട്ടതോ പ്രകൃതിയിൽ നിന്നും കണ്ടെടുക്കപ്പെട്ടതോ ആയാലും വ്യത്യസ്തമായ നിർമാണ രീതികൾ അവലംബിച്ചാലും ഈ ഘടകാനുപാതം സ്ഥിരമായിരിക്കും.

"കട്ടിയുള്ള ഗോളങ്ങൾ പോലെയാണ് ആറ്റങ്ങൾ. ഓരോ പദാർത്ഥങ്ങളിലും അവ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും, വ്യത്യസ്ത വലിപ്പമുള്ളവയും. രണ്ട് പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഒരു സംയുക്തം (A Binary Compound) രണ്ട് പദാർത്ഥങ്ങളുടേയും ഓരോ ആറ്റത്തെ വീതം ഉൾക്കൊള്ളുന്നതായിരിക്കും. ഹൈഡ്രജന്റെ ഒരാറ്റവും ഓക്സിജന്റെ ഒരാറ്റവും ചേരുന്നതാണ് ജലം എന്ന സംയുക്തം. അമോണിയയിൽ ഇതുപോലെ ഹൈഡ്രജനും നൈട്രജനും അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു."

ജോൺ ഡാൾട്ടൺ

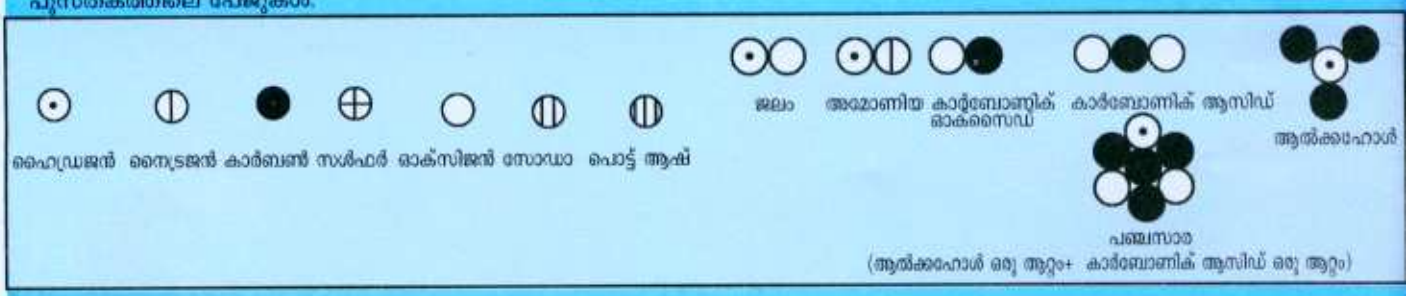
മാഞ്ചെസ്റ്ററിലെ **ജോൺ ഡാൾട്ടൺ** (John Dalton, 1766-1844), ആറ്റോമിക സിദ്ധാന്തം ആവിഷ്കരിക്കുകയും അതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രൗസ്റ്റിന്റെ നിരീക്ഷണങ്ങൾക്ക് വിശദീകരണം നല്കുകയും ചെയ്തു. രാസസംയുക്തങ്ങളെ നാം ഇന്ന് അറിയപ്പെടുന്ന തരത്തിൽ മനസ്സിലാക്കാൻ സഹായിച്ചതും ഡാൾട്ടന്റെ ഈ സിദ്ധാന്തമാണ്.



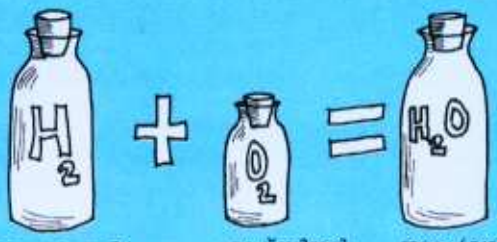
"എ ന്യൂ സിസ്റ്റം ഓഫ് കെമിക്കൽ ഫിലോസഫി" എന്ന ഡാൾട്ടന്റെ പുസ്തകത്തിലെ പേജുകൾ.

ഈ അനുമാനത്തിന്റെ വെളിച്ചത്തിൽ, സംയുക്തങ്ങളുടെ രാസഘടന വിശകലനം ചെയ്തതിൽ നിന്നാണ്, ഡാൾട്ടൺ ആറ്റങ്ങളുടെ ആപേക്ഷിക ഭാരം എന്ന ആശയം ആവിഷ്കരിച്ചത്. ഉദാഹരണമായി, ജലത്തിന്റെ രാസഘടനാവിശകലനം ഇനിപ്പറയുന്ന അനുപാതത്തെയാണ് വെളിപ്പെടുത്തിയത്. ഓക്സിജൻ $85^2/_3$ യും ഹൈഡ്രജൻ $14^1/_3$ യും. ഹൈഡ്രജന്റെ ആപേക്ഷികഭാരം '1' ആയി കണക്കാക്കുകയാണെങ്കിൽ, ഓക്സിജന്റേത് '6' എന്നു കരുതാം. ഇതേ മാതൃകയിൽ, മറ്റ് ആറ്റങ്ങളുടേയും ആപേക്ഷികഭാരം കണക്കാക്കിയ ഡാൾട്ടൺ അവയുപയോഗിച്ച് അറ്റോമിക ഭാരത്തെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തിയുള്ള ആദ്യത്തെ പട്ടിക തയ്യാറാക്കുകയും ചെയ്തു.

വ്യാപകമായി അംഗീകരിച്ച ഈ സിദ്ധാന്തം സ്വന്തമായി നിർമിച്ച സൂചകങ്ങളുടെ സഹായത്തോടെയാണ് ഡാൾട്ടൺ വിശദീകരിച്ചത്.



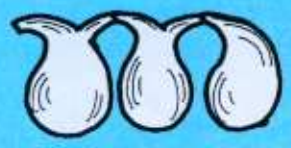
സ്വീഡിഷ് രസതന്ത്രജ്ഞനായ **ജോൺസ് ജാക്കോബ് ബെർസേലിയസ്** (1779-1848) ഒരു പ്രധാനകാര്യം വെളിപ്പെടുത്തി: ഒരു രാസസംയുക്തത്തിലെ ഒരു മൂലകത്തിന്റേതായ ഒരാറ്റം മറ്റു മൂലകങ്ങളുടെ വ്യത്യസ്ത എണ്ണം ആറ്റങ്ങളുമായി കൂടിച്ചേരുന്നു. അതുപോലെ, ഒരു മൂലകത്തിന്റേതായ രണ്ടാറ്റങ്ങൾക്ക് വിവിധ എണ്ണം ആറ്റങ്ങളുമായി കൂടിച്ചേരാനാവും.



ഫ്രഞ്ച് രസതന്ത്രജ്ഞൻ **ജോസഫ് ലൂയി ഗേ-ലൂസാക്ക്** (1778-1850) 1809-ൽ ഇങ്ങനെ പ്രസ്താവിച്ചു: "പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെടുന്ന വാതകങ്ങളുടെ വ്യാപ്തങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം ലഘുവായ പൂർണ സംഖ്യയായിരിക്കും. ഉദാഹരണമായി, ഹൈഡ്രജനും ഓക്സിജനും തമ്മിൽ 2:1 എന്ന അനുപാതത്തിൽ സംയോജിക്കുന്നതിലൂടെയാണ് ജലം ഉണ്ടാകുന്നത്."

ഇറ്റാലിയൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ **അമേഡിയോ അവഗാഡ്രോ** (Amadeo Avogadro, 1776-1856), 1811ൽ ഇങ്ങനെ പറഞ്ഞു:
"തുല്യവ്യാപ്തങ്ങളിലുള്ള വ്യത്യസ്ത വാതകങ്ങളിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണം തുല്യമായിരിക്കും. അതുകൊണ്ട്, രണ്ട് വാതകങ്ങളുടെ സാന്ദ്രതകൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം, (ഒരേ താപനിലയിലും മർദത്തിലും), കണങ്ങളുടെ മാസുകൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതത്തെയായിരിക്കും സൂചിപ്പിക്കുന്നത്."

വാതകങ്ങളിലെ ആറ്റങ്ങൾ പരസ്പരം കൂടിച്ചേരുന്നതിലൂടെ തന്മാത്രകളായി (Molecules) മാറുന്നു. (ഉദാ. O_2, H_2). അതുപോലെ, മറ്റു വാതകങ്ങളുമായി പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെടുമ്പോൾ, ഈ തന്മാത്രകൾ വിഘടിച്ച് പുതിയ തന്മാത്രകൾക്ക് രൂപം നല്കുന്നു. "ഓക്സിജന്റെ പകുതി തന്മാത്ര, ഹൈഡ്രജന്റെ ഒരു തന്മാത്രയുമായി, സംയോജിക്കുന്നതിലൂടെയാണ് ഒരു ജല തന്മാത്ര രൂപപ്പെടുന്നത്," എന്നാൽ, സമാനമായ ആറ്റങ്ങൾ തമ്മിൽ സംയോജിച്ച് തന്മാത്രകൾ രൂപമെടുക്കുന്നു എന്നത് വിശ്വസിക്കാൻ അന്നത്തെ ശാസ്ത്രജ്ഞർക്ക് കഴിയുമായിരുന്നില്ല. അവഗാഡ്രോയുടെ സങ്കൽപ്പനം (Avogadro's Hypothesis) ശരിയാണെന്ന് സ്ഥാപിക്കാനാവശ്യമായ തെളിവുകളും അന്ന് ലഭ്യമായിരുന്നില്ല. അതിനാൽ, അരനൂറ്റാണ്ടോളം കഴിഞ്ഞതിനു ശേഷമാണ് അവഗാഡ്രോയുടെ സങ്കൽപ്പനം അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടത്.



1814. അറ്റോമിക ഭാരം അടിസ്ഥാനമാക്കി, ഇന്ന് ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്ന മാതൃകയിലുള്ള ഒരു പട്ടിക ബെർസീലിയസ് തയ്യാറാക്കുകയുണ്ടായി. രാസസമവാക്യങ്ങളെ ഗണിതപരമായി വിശകലനം ചെയ്യാനാവുമെന്നും ഓരോ മൂലകത്തിനും അതിന്റേതായ സവിശേഷസ്വഭാവങ്ങളുണ്ടെന്നുമുള്ള കണ്ടെത്തലുകൾ രസതന്ത്രത്തെ വ്യവസ്ഥാപിതമായ കെട്ടുറപ്പുകളിലേക്ക് നയിച്ചു. മൂലകങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതിനായി ബെർസീലിയസ് **ആധുനിക രാസ പ്രതീകങ്ങൾ** ഉപയോഗിച്ചു തുടങ്ങിയതോടെ രസതന്ത്രപഠനം കൂടുതൽ അടുക്കും ചിട്ടയുമുള്ളതായിത്തീർന്നു എന്നു പറയാം. ഓരോ മൂലകങ്ങളെയും എളുപ്പത്തിൽ സൂചിപ്പിക്കാൻ കഴിയുന്ന ഒരു ചുരുക്കെഴുത്തായിരുന്നു ബെർസീലിയസ് മുന്നോട്ടുവച്ചത്. മൂലകങ്ങളുടെ ലാറ്റിൻ പേരിന്റെ ആദ്യത്തെ അക്ഷരമാണ് രാസപ്രതീകമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ടത്. ഒരേ അക്ഷരത്തിൽ തുടങ്ങുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ, മറ്റൊരക്ഷരം കൂടി കൂട്ടിച്ചേർക്കുന്ന രീതിയും അദ്ദേഹം ആവിഷ്കരിച്ചു. ഒരു മൂലകത്തിന്റെ ഒരാറ്റത്തെയോ അറ്റോമിക ഭാരത്തേയോ ആണ് പ്രതീകം പ്രതിനിധാനം ചെയ്തിരുന്നത്.

മൂലകം	ലാറ്റിൻ നാമം	പ്രതീകം
സൾഫർ (Sulphur)	സൾഫർ (Sulphur)	S
സിലിക്കൺ (Silicon)	സിലിസിയം (Silicon)	Si
ആന്റിമണി (Antimony)	സ്റ്റിബിയം (Stibium)	St*
ടിൻ (Tin)	സ്റ്റാനം (Stannum)	Sn

*ബെർസീലിയസ് നിർദേശിച്ച പ്രതീകങ്ങളിൽ ചിലത് പിന്നീട് പരിഷ്കരിക്കപ്പെടുകയുണ്ടായിട്ടുണ്ട്. ഉദാഹരണമായി, 'ആന്റിമണി'യുടെ ഇന്നത്തെ സൂചകം 'sb'എന്നാണ്.

രാസപ്രവർത്തനത്തിലൂടെ വൈദ്യുതിയുണ്ടാക്കാം എന്ന കണ്ടെത്തൽ നടന്നത് ഏതാണ്ട് ഇക്കാലത്തായിരുന്നു.

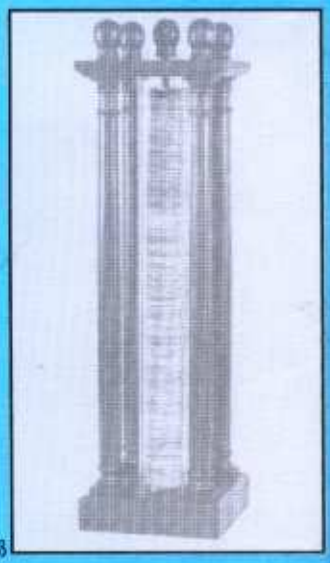
ചില പ്രത്യേക വസ്തുക്കൾ തമ്മിലുരസുന്നതിലൂടെയാണ് അതുവരെ വൈദ്യുതി നിർമിച്ചിരുന്നത്. 'രാസ വൈദ്യുതി' എന്നത് ഒരു വഴിത്തിരിവായി മാറിയത് അതിനാലായിരുന്നു. തികച്ചും യാദൃച്ഛികമായ ഒരു കണ്ടെത്തലാണ് 'രാസവൈദ്യുതി'യിലേക്ക് നയിച്ചത്.

ല്യൂജി ഗാൽവാനി

ബൊളോഗ്ന സർവകലാശാലയിലെ ശരീരഘടനാ വിഭാഗം പ്രൊഫസറായിരുന്ന ല്യൂജി ഗാൽവാനി (Luigi Galvanni, 1737-1798) 1786ൽ ഒരു പരീക്ഷണം നടത്തുകയായിരുന്നു. തവളയുടെ ശരീരത്തിൽ നിന്നും മുറിച്ചെടുത്ത ഒരു പേശി അദ്ദേഹം ഒരു ചെമ്പ് കൊളുത്ത് ഉപയോഗിച്ച് ഇരുമ്പ് സ്റ്റാൻഡിൽ തൂക്കിയിട്ടു. പേശി തുടിക്കുന്നതായി കണ്ട അദ്ദേഹം അതിന്റെ കാരണത്തെക്കുറിച്ചുള്ള അന്വേഷണത്തിലേർപ്പെട്ടു. ഒരു ജീവശാസ്ത്രജ്ഞനായതിനാൽ, പേശിയെയാണ് അദ്ദേഹം കൂടുതലായി ശ്രദ്ധിച്ചത്. പേശിയുടെ തുടിപ്പിന് കാരണമായ വൈദ്യുതി പേശിയിൽനിന്നുതന്നെയാണുത്ഭവിക്കുന്നതെന്ന് അദ്ദേഹം കരുതി.

അതേ നാട്ടിൽത്തന്നെയുള്ള **അലെസ്സാൻഡ്രോ വോൾട്ട** (1745-1827) ഇങ്ങനെയാണ് ചിന്തിച്ചത്: വോൾട്ട

"ഈർപ്പമുള്ള ചുറ്റുപാടിൽ, രണ്ട് വ്യത്യസ്ത ലോഹങ്ങൾ തമ്മിൽ സ്പർശിക്കുന്നതാവാം വൈദ്യുതപ്രവാഹത്തിന് കാരണമാവുന്നത്. പേശി എന്നത് വെറുമൊരു സൂചകം മാത്രമാവാം."

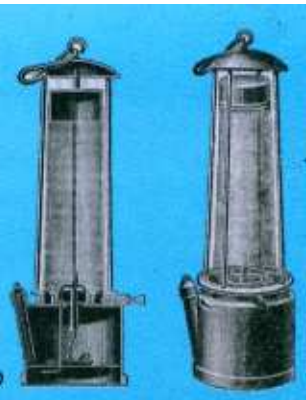


വോൾട്ടായിക് പൈൽ

വെള്ളിയുടേയും സിങ്കിന്റേയും ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ ചേർത്തുവച്ചശേഷം അവയ്ക്കിടയിൽ ഉപ്പു വെള്ളത്തിൽ കുതിർത്ത ഒരു തുണി കടത്തിവെച്ചുകൊണ്ട് വോൾട്ട ഒരു പരീക്ഷണം നടത്തുകയുണ്ടായി. ഇത് വൈദ്യുത പ്രവാഹം സൃഷ്ടിക്കുന്നതായി കണ്ടെത്തിയ അദ്ദേഹം ഇത്തരം കൂടുതൽ സംവിധാനങ്ങൾ ഏർപ്പെടുത്തുന്നതിലൂടെ വൈദ്യുതിയുടെ പ്രഭാവം വർധിപ്പിക്കാമെന്നും കണ്ടെത്തി.

ആദ്യമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ട ബാറ്ററിയാണ് വോൾട്ടായിക് പൈൽ. തുടർച്ചയായ വൈദ്യുത പ്രവാഹം സാധ്യമാക്കിയ ഇതിലെ ഫലകങ്ങളുടെ എണ്ണവും വലിപ്പവും വർധിപ്പിക്കുന്നതിലൂടെ വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തിന്റെ പ്രഭാവം വർധിപ്പിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിരുന്നു. വൈകാതെ ഈ ഉപകരണം രാസപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ ഉപയോഗിച്ചുതുടങ്ങി.

ലണ്ടനിലെ റോയൽ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ടിലെ രസതന്ത്ര പ്രൊഫസറായിരുന്ന **ഹംഫ്രി ഡേവി** (Humphry Davy, 1778-1819), 250-ൽ അധികം ലോഹഫലകങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് ഒരു ബാറ്ററി നിർമിക്കുകയുണ്ടായി. 1807-ൽ, ഈ ബാറ്ററിയിൽ നിന്നുള്ള വൈദ്യുതി ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് പൊട്ടാസ്യം, സോഡിയം തുടങ്ങിയ ക്രിയാശേഷി കൂടിയ ലോഹങ്ങളെ, അവയുടെ ഉരുകിയ ലവണങ്ങളിൽ നിന്നും വൈദ്യുതവിശ്ലേഷണത്തിലൂടെ വേർതിരിക്കാനും അദ്ദേഹത്തിന് കഴിഞ്ഞു.



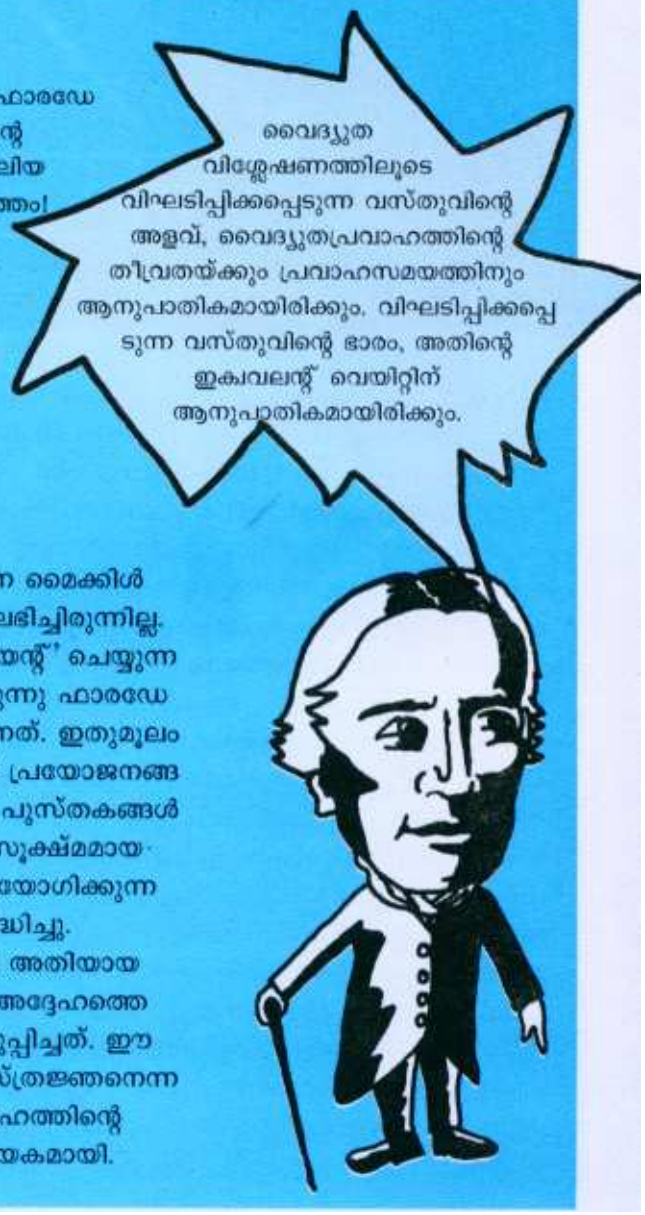
ഡേവിയുടെ രക്ഷാദീപം

ഖനികളിൽ ഉപയോഗിക്കാവുന്ന രക്ഷാദീപമാണ് ഡേവിയുടെ മറ്റൊരു പ്രധാന സംഭാവന. മീഥേൻ നിറഞ്ഞ അന്തരീക്ഷത്തിൽ (എളുപ്പം തീപിടിക്കുന്ന വാതകമാണ് മീഥേൻ) പോലും ഉപയോഗിക്കാൻ കഴിയുന്ന വിളക്കായിരുന്നു അത്.

റോയൽ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ടിലായിരുന്നപ്പോൾ, ഡേവി, മൈക്കിൾ ഫാരഡേയെ തന്റെ സഹായിയായി ഒപ്പം കൂട്ടുകയുണ്ടായി. ഡേവിയും ഒരു പത്രപ്രവർത്തകനും തമ്മിൽ ഇത് സംബന്ധിച്ചുണ്ടായ പ്രശസ്തമായ സംഭാഷണമാണ് ചുവടെ:

ബഹുമാന്യനായ ഡേവി, എന്താണ് താങ്കളുടെ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട കണ്ടുപിടിത്തം?

മൈക്കിൾ ഫാരഡേയാണ് എന്റെ ഏറ്റവും വലിയ കണ്ടുപിടിത്തം!



ഒരു ഇരുമ്പു പണിക്കാരന്റെ മകനായിരുന്ന മൈക്കിൾ ഫാരഡേക്ക് ഔപചാരിക വിദ്യാഭ്യാസം ലഭിച്ചിരുന്നില്ല. പുസ്തകങ്ങൾ 'ബയന്റ്' ചെയ്യുന്ന ഒരു സ്ഥലത്തായിരുന്നു ഫാരഡേ ജോലി ചെയ്തിരുന്നത്. ഇതുമൂലം അദ്ദേഹത്തിന് രണ്ട് പ്രയോജനങ്ങളുണ്ടായി: ധാരാളം പുസ്തകങ്ങൾ വായിക്കാൻ കിട്ടി, സൂക്ഷ്മമായ ഉപകരണങ്ങൾ ഉപയോഗിക്കുന്നതിൽ പരിചയം സിദ്ധിച്ചു. ശാസ്ത്രത്തോടുള്ള അതിയായ അഭിനിവേശമാണ് അദ്ദേഹത്തെ ഡേവിയുമായി അടുപ്പിച്ചത്. ഈ പരിചയം ഒരു ശാസ്ത്രജ്ഞനെന്ന നിലയ്ക്കുള്ള അദ്ദേഹത്തിന്റെ വളർച്ചയ്ക്ക് സഹായകമായി.

വൈദ്യുത വിശ്ലേഷണം രാസസംയുക്തങ്ങളുടെ വിഘടനത്തിന് കാരണമാവുന്നതിനാൽ, അത് അവയുടെ രാസപ്രവർത്തനാസക്തിയോട് ബന്ധപ്പെട്ടതാവും എന്ന് അക്കാലത്തെ രസതന്ത്രജ്ഞർ കരുതുകയുണ്ടായി. ഓരോ ആറ്റവും ആവശ്യത്തിലേറെ പോസിറ്റീവും നെഗറ്റീവും ചാർജുകൾ സ്വായത്തമാക്കുന്നതായി ബെർസീലിയസ് ഊഹിച്ചു. സംയുക്തങ്ങൾ രൂപമെടുക്കുമ്പോൾ ഈ അധിക ചാർജുകൾ പരസ്പരം നിർവീര്യമാക്കപ്പെടുമെങ്കിലും പൂർണമായ നിർവീര്യമാക്കൽ സംഭവിക്കുക എന്നത് മിക്കപ്പോഴും അസാധ്യമായിരിക്കും. രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന ആറ്റങ്ങളിൽ ചാർജ് സംബന്ധമായ അസന്തുലിതാവസ്ഥ നിലനില്ക്കുന്നതിനാലാണിത്.

ഉദാഹരണമായി, ഓക്സിജനുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ കൂടുതൽ ഇലക്ട്രോപോസിറ്റീവ് ആയ സൾഫർ, അതുമായി കൂടിച്ചേരുമ്പോൾ സൾഫർട്രൈയോക്സൈഡ് എന്ന ദ്വിബന്ധനസംയുക്തം രൂപമെടുക്കുന്നു. നെഗറ്റീവ് ചാർജിന്റെ ആധിക്യം മൂലം ഈ സംയുക്തം ചാർജ് പ്രകാരം ഋണാവസ്ഥയിലായിരിക്കും. അതുപോലെ, പൊട്ടാസ്യവും ഓക്സിജനും തമ്മിൽച്ചേരുന്നതിലൂടെ അതിന്റെ ഓക്സൈഡായ K_2O ഉണ്ടാവുന്നു. എന്നാൽ, ഇത് പോസിറ്റീവ് ചാർജിനെ അവശേഷിപ്പിക്കുന്നതായിരിക്കും. അതിനാൽ, സൾഫറിന്റേയും പൊട്ടാസ്യത്തിന്റേയും ഓക്സൈഡുകൾ പരസ്പരം സംയോജിക്കുന്നതിലൂടെ പൊട്ടാസ്യം സൾഫേറ്റ് എന്ന ലവണം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു.

വൈദ്യുത വിശ്ലേഷണം എന്ന പ്രക്രിയയെ വ്യക്തമായി വിശദീകരിക്കാൻ ഈ സിദ്ധാന്തത്തിനു കഴിഞ്ഞു. അതോടൊപ്പം 'രാസബന്ധനാസക്തി' (Chemical Affinity) എന്ന സ്വഭാവ വിശേഷത്തെയും. എന്നാൽ പരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ തെളിയിക്കപ്പെട്ട ചില വസ്തുതകൾ ഇതിന് വിരുദ്ധമായിട്ടായിരുന്നു. ഉദാഹരണമായി, SO_3,K_2O എന്നിവ ചാർജിത സംയുക്തങ്ങളായിരുന്നില്ല. മറ്റു ചില പോരായ്മകളും ഇതിനുണ്ടായിരുന്നു. അവഗാഡ്രോയുടെ സിദ്ധാന്തത്തെ അംഗീകരിക്കുന്നതായിരുന്നില്ല. അതിലൊന്ന്. ഒരേ ചാർജുള്ള ആറ്റങ്ങൾ തമ്മിൽച്ചേർന്ന് ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ, നൈട്രജൻ എന്നിവയുടെ തന്മാത്രകളുണ്ടാകുമെന്ന വസ്തുതയെ ഇതംഗീകരിച്ചിരുന്നില്ല. കാർബണിക രസതന്ത്രം കൂടുതൽ പുരോഗതി പ്രാപിച്ചതോടെ, ഈ സിദ്ധാന്തത്തിനെതിരായ ഇത്തരം തെളിവുകൾ കൂടുതൽ ശക്തി പ്രാപിക്കുകയും അതുതന്നെ അതിന്റെ തകർച്ചയ്ക്ക് കാരണമാവുകയും ചെയ്തു.ഈവിധം അസ്വീകാര്യമായിത്തീർന്നുവെങ്കിലും, ആസിഡ്, ബേസ്, ലവണങ്ങൾ എന്നിവയുടെ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളെ കൃത്യമായി വിശദീകരിക്കാൻ ഈ സിദ്ധാന്തത്തിന് സാധിച്ചു. അയോണിക സംയുക്തങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചുള്ള നമ്മുടെ ഇന്നത്തെ ധാരണയ്ക്ക് അടിസ്ഥാനം ഈ സിദ്ധാന്തം തന്നെയാണ്.

ഭയങ്കരം തന്നെ! ഇത്തരം കാര്യങ്ങളൊന്നും ഞങ്ങളെ സർവകലാശാലയിൽ പഠിപ്പിച്ചിരുന്നില്ല.

രസതന്ത്രം സ്വയംപര്യാപ്തമായ ഒരു പ്രായോഗിക ശാസ്ത്ര ശാഖയായി അപ്പോഴേക്കും വികസിച്ചിരുന്നു. സർവകലാശാലകളിൽ രസതന്ത്ര പ്രൊഫസർമാർ സാധാരണമായി. ആദ്യകാല രസതന്ത്രജ്ഞരിൽ പലരും ഔഷധ നിർമാണ വിദഗ്ദ്ധർ എന്ന നിലയിലോ വൈദ്യൻമാർ എന്ന നിലയിലോ പരിചയം സിദ്ധിച്ചവരായിരുന്നു.

ശാസ്ത്രത്തിന് അന്തർദേശീയ മാനം കൈവന്നതും ആശയങ്ങളുടെ സ്വതന്ത്രമായ വിനിമയത്തിന് അവസരമുണ്ടായതും രസതന്ത്രത്തിന്റെ വളർച്ചയ്ക്ക് വളരെയധികം സഹായകമായി. 1813-ൽ നെപ്പോളിയോനിക് യുദ്ധ കാലത്ത് ഇംഗ്ലണ്ടും ഫ്രാൻസുമായി ശത്രുതയിലായിരുന്നിട്ടും ഡേവിക്ക് ഫ്രാൻസ് സന്ദർശിക്കാനും ഫ്രഞ്ച് രസതന്ത്രജ്ഞരുടെ ക്ഷണം സ്വീകരിച്ച് അവിടത്തെ പരീക്ഷണശാലകൾ സന്ദർശിക്കാനും നടത്താനും കഴിഞ്ഞു എന്നത് ശാസ്ത്രത്തിന് ലഭിച്ച അംഗീകാരത്തിനുള്ള ഉത്തമോദാഹരണങ്ങളിലൊന്നാണ്.

നമുക്ക് ഇനി കാർബണിക രസതന്ത്രത്തിന്റെ വികാസചരിത്രത്തെക്കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കാം:

ജീവികളിൽ നിന്നുള്ള ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ, ജീവനിൽ നിന്നും ഉത്ഭവിക്കുന്ന ഒരു സവിശേഷ "ജീവസത്ത" (Vital Force)യുടെ നിയന്ത്രണത്തിലാണെന്നും അതാണ് കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളുടെ സവിശേഷ ഗുണവിശേഷങ്ങൾക്ക് കാരണമാവുന്നതെന്നുമാണ് അന്ന് വിശ്വസിച്ചിരുന്നത്. ബെർസിലിയസും മറ്റ് അനവധി ശാസ്ത്രജ്ഞരും പിന്താങ്ങിയിരുന്ന ഈ വിശ്വാസത്തെ ആദ്യമായി വെല്ലുവിളിച്ചത് 1828-ൽ ജർമൻ ശാസ്ത്രജ്ഞനായ **ഫ്രെഡെറിക് വോഹ്ളർ** (Friedrich Wohler, 1800-1882) ആയിരുന്നു. കൃത്രിമമായി യൂറിയ നിർമിച്ചുകൊണ്ടായിരുന്നു ഇത്. ജന്തുജന്യമെന്ന് കരുതപ്പെട്ടിരുന്ന ഈ പദാർത്ഥം, അകാർബണിക ലവണമായ അമോണിയം സയനേറ്റിന്റെ ജലീയ ലായനിയെ ബാഷ്പീകരണത്തിന് വിധേയമാക്കിക്കൊണ്ടാണ് അദ്ദേഹം നിർമിച്ചത്. NH_4CNO **[അമോണിയം സയനേറ്റ്]** → $CO(NH_2)_2$ **[യൂറിയ]**

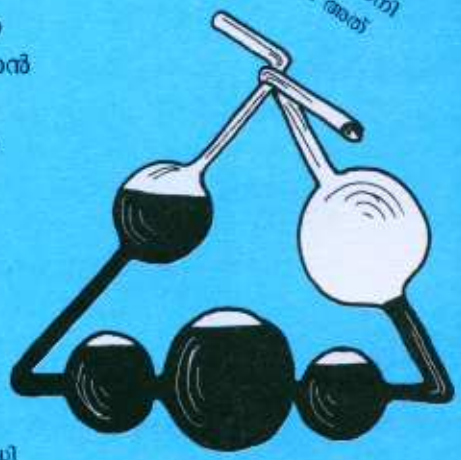
"ജീവസത്താസിദ്ധാന്ത" (Vital Force Theory)ത്തെ പാടേ നിരാകരിക്കുന്നതായിരുന്നു വോഹ്ളറുടെ കണ്ടുപിടിത്തം. ബെർസീലിയസിനയച്ച ഒരു കത്തിൽ അദ്ദേഹം ഇങ്ങനെയെഴുതി: "മനുഷ്യന്റേയോ നായപോലെയുള്ള മറ്റേതെങ്കിലും മൃഗത്തിന്റേയോ വൃക്കയുടെ സഹായമില്ലാതെ തന്നെ യൂറിയ നിർമിക്കാൻ എനിക്ക് കഴിയും എന്നു പറയാൻ ഞാനാഗ്രഹിക്കുന്നു."

കൂടുതൽ കൂടുതൽ ജൈവസംയുക്തങ്ങൾ കൃത്രിമമായി നിർമിക്കപ്പെട്ടതോടെ, കാർബണിക രസതന്ത്രത്തിലെ രാസപ്രക്രിയകളേയും ജീവൽപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് അടിസ്ഥാനമാവുന്ന രാസപ്രവർത്തനങ്ങളേയും നിയന്ത്രിക്കുന്ന നിയമങ്ങൾ ഒന്നുതന്നെയാണെന്ന് തെളിയിക്കപ്പെട്ടു.

കോൾടാർ, പെട്രോളിയം എന്നീ പദാർത്ഥങ്ങളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ഒട്ടനവധി കാർബണിക സംയുക്തങ്ങൾ നിർമിക്കാനായത് ജർമനിയിലെ വൈജ്ഞാനിക മണ്ഡലത്തിലും വ്യാവസായിക കാർബണിക രസതന്ത്രത്തിന്റെ വികാസത്തിലും വൻപിച്ച മാറ്റങ്ങൾക്ക് വഴിയൊരുക്കി. പത്തൊമ്പതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അന്ത്യപാദത്തോടെയാണ് ഇവയിൽ പലതിനും കളമൊരുങ്ങിയത്.

അപഗ്രഥനാത്മക കാർബണിക രസതന്ത്രത്തിന് വൻപിച്ച സംഭാവനകൾ നല്കിയ രസതന്ത്രജ്ഞനായിരുന്നു **ജസ്റ്റസ് ലെയ്ബിഗ്** (1803-1873). ഒരു തന്മാത്രയുടെ ഭാഗമാവുന്ന ആറ്റങ്ങളുടെ എണ്ണവും തരവും കണ്ടെത്തുവാനായി അദ്ദേഹം സ്വന്തമായി ഒരു മാർഗം കണ്ടെത്തുകയുണ്ടായി. അദ്ദേഹം നിശ്ചിത ഭാരത്തിലുള്ള ഒരു കാർബണിക പദാർത്ഥത്തെ ജ്വലനത്തിനു വിധേയമാക്കുകയും അതിൽനിന്നും പുറത്തുവന്ന വാതകങ്ങളെ (മുഖ്യമായും കാർബൺഡയോക്സൈഡ്, ജലബാഷ്പം എന്നിവയെ) അനുയോജ്യമായ രാസപദാർത്ഥങ്ങൾ ഉപയോഗിച്ച് ശേഖരിക്കുകയും ചെയ്തു. ഈ രാസപദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഭാരത്തിൽ വന്ന വ്യത്യാസം കണക്കാക്കുന്നതിലൂടെ, ശേഖരിക്കപ്പെട്ട ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടെ അളവ് കണ്ടെത്താൻ അദ്ദേഹത്തിനു കഴിഞ്ഞു. ഇതിൽനിന്നും കാർബൺ, ഹൈഡ്രജൻ, ഓക്സിജൻ എന്നിവ എത്രമാത്രം അളവിലാണ് കാർബണിക പദാർത്ഥത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതെന്ന് നിശ്ചയിക്കാനും അദ്ദേഹത്തിനു കഴിഞ്ഞു.

ലെയ്ബിഗ് കാർബൺ ഡയോക്സൈഡിനായി സുദീർഘമായ അന്വേഷണത്തിലേർപ്പെടുകയുണ്ടായി. അവസാനം, താഴെക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഉപകരണത്തിനുള്ളിലെ കാസ്റ്റിക് പൊട്ടാഷ് ലായനി ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് അദ്ദേഹം അത് സാധിക്കുകയും ചെയ്തു.



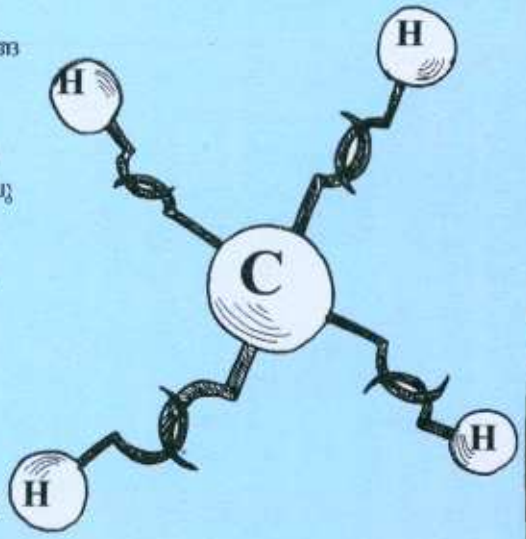
കാർബണിക രസതന്ത്രത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനത്തിനിടയിൽ ഒരു അടിസ്ഥാന ആശയമായി വികസിച്ചതാണ് 'ഫങ്ഷണൽ ഗ്രൂപ്പ്' എന്ന സങ്കൽപ്പം. ആദ്യകാലങ്ങളിൽ ഇവ, 'റാഡിക്കലുകൾ' എന്നാണ് അറിയപ്പെട്ടിരുന്നത്. രാസസംയുക്തങ്ങൾക്ക് അവയുടേതായ ഗുണവിശേഷങ്ങൾ പകർന്നു നല്കുന്നത് 'റാഡിക്കലു'കളാണെന്ന് രസതന്ത്രജ്ഞരെ കണ്ടെത്തിയിരുന്നു. ഇതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ സംയുക്തങ്ങളെ ഹൈഡ്രോകാർബണുകൾ അഥവാ മൗലിക റാഡിക്കലുകൾ, ആസിഡുകൾ, ആൽക്കഹോളുകൾ എന്നിങ്ങനെ വേർതിരിക്കുകയുണ്ടായി.

സർവരാജ്യ 'റാഡിക്കലു'കളേ സംഘടിക്കുവിൻ! ഈ ബന്ധനങ്ങളല്ലാതെ നഷ്ടപ്പെടുവാൻ നമുക്കൊന്നുമില്ല!

നോക്കൂ! ഈ റാഡിക്കലുകൾ എപ്പോഴും സംഘം ചേരുന്നത് ലോകം മാറ്റി മറിക്കാനാണെന്നു തോന്നുന്നു.

1837 ജെ ബി എ ഡ്യൂമാസ് (1800–1884), ജസ്റ്റസ് ലെയ്ബിഗ് എന്നിവർ ഇങ്ങനെ പറഞ്ഞു: "കാർബണിക രസതന്ത്രത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനമാവുന്നതാണ് റാഡിക്കലുകൾ. അകാർബണിക രസതന്ത്രത്തിൽ, അവ ലഘുതന്മാത്രകളാണ്. എന്നാൽ, കാർബണിക രസതന്ത്രത്തിലെ റാഡിക്കലുകൾ സങ്കീർണഘടനയുള്ള സംയുക്തങ്ങളാണ്. ഇതല്ലാതെ രാസപ്രവർത്തനത്തേയും രാസസംയോജനത്തേയും സംബന്ധിക്കുന്ന നിയമങ്ങൾ രണ്ടിലും ഒരുപോലെയാണ്."

1850-കളിൽ, വിവിധ ശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ ശ്രമഫലമായി പദാർത്ഥങ്ങളുടെ തന്മാത്രാ ഘടന അനാവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടു.



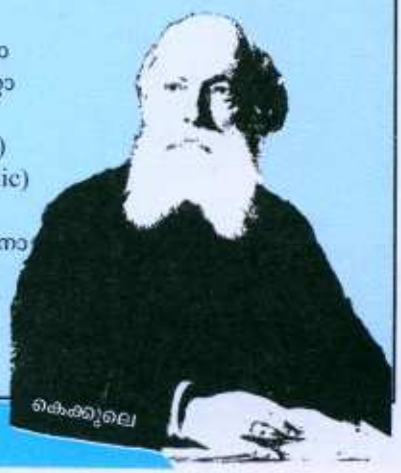
1852 നൈട്രജൻ, ഫോസ്ഫറസ്, ആർസെനിക് എന്നീ മൂലകങ്ങളിലെ ഓരോ ആറ്റവും മൂന്നോ അഞ്ചോ കാർബണിക റാഡിക്കലുകളുമായി സംയോജിക്കുന്നതായി **എഡ്വാർഡ് ഫ്രാങ്ക്ലാൻഡ്** (1825-1899) കണ്ടെത്തി. സിങ്ക്, മെർക്കുറി, ഓക്സിജൻ എന്നിവയുടെ ഓരോ ആറ്റവും രണ്ട് കാർബണിക റാഡിക്കലുകളുമായി കൂടിച്ചേരുന്നതായും കണ്ടെത്തപ്പെട്ടു. ഫ്രാങ്ക്ലാൻഡ് പറഞ്ഞു: "ഓരോ മൂലകത്തിനും നിശ്ചിതമായ *"സംയോജനശേഷി" യുണ്ട്. ഇത് എത്ര ആറ്റങ്ങളുമായി സംയോജിക്കാൻ കഴിയും എന്നതിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഇത് എപ്പോഴും സ്ഥിരമായിരിക്കും. മറ്റ് ആറ്റങ്ങളുമായോ റാക്കലുകളുമായോ രാസബന്ധനത്തിലേർപ്പെടാനുള്ള നിശ്ചിത എണ്ണം കൊളുത്തുകൾ പോലെയാണിത്."

*"സംയോജനശേഷി" എന്ന പദം വിവിധ ശാസ്ത്രജ്ഞർ വ്യത്യസ്ത സംജ്ഞകളുപയോഗിച്ചാണ് സൂചിപ്പിച്ചിരുന്നത്. അറ്റോമികത (Atomicity), രാസബന്ധനാസക്തിയുടെ ഏകകങ്ങൾ (Affinity Units), 'വാലെൻസ് (valence) തുടങ്ങിയ പേരുകൾ ഇതിനായി ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു.

റാഡിക്കലുകളിൽ എന്താണ് അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതെന്ന അന്വേഷണമായിരുന്നു പിന്നീട്. ജർമനിയിലെ ഫ്രെഡറിക് അഗസ്റ്റ് കെക്കുലെ (Fridrich August Kekule, 1829-1896), പാരീസിലെ അർച്ചിബാൾഡ് സ്കോട്ട് കൂപ്പർ 'Archibald Scott Couper, 1831-1892) എന്നിവർ വെവ്വേറെയായി നടത്തിയ പഠനങ്ങളിലൂടെ ഈ ലക്ഷ്യം സാക്ഷാത്കരിക്കാൻ ശ്രമിച്ചു. അതിന്റെ ഫലമായിരുന്നു കാർബണികരസതന്ത്രത്തിലെ അടിസ്ഥാന ആവിഷ്കാരങ്ങളിലൊന്നായ ഘടനാരൂപവാക്യങ്ങൾ

1858

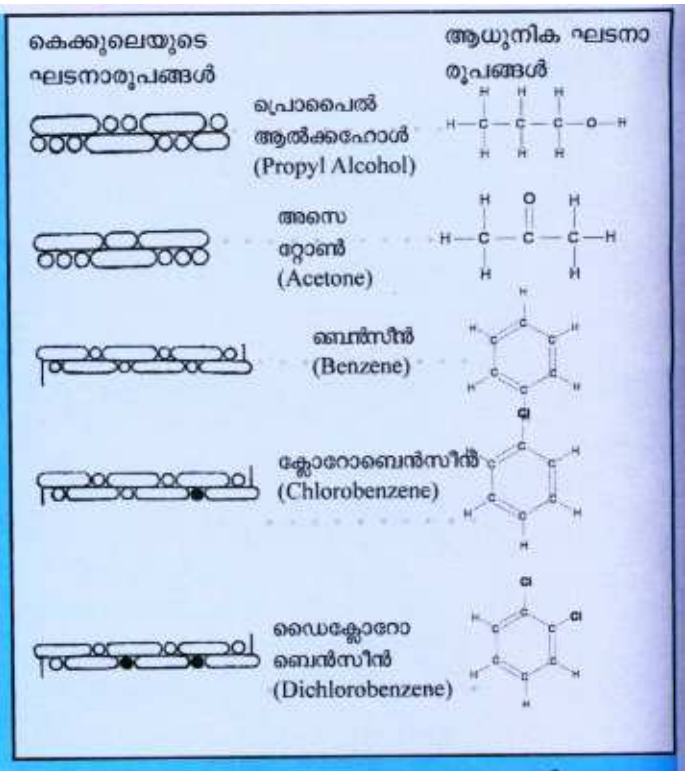
കാർബണിന് നാല് 'രാസബന്ധനാസക്ത ഏകക (Affinity Units) ങ്ങളുണ്ട്. അതായത് അതിന് നാല് ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റങ്ങളുമായോ രണ്ട് ഓക്സിജൻ ആറ്റങ്ങളുമായോ സംയോജിക്കാനാവും. ഇതു കാരണം കാർബണിനെ 'ടെട്രാഅറ്റോമിക്' (Tetratomic) എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. ഹൈഡ്രജൻ മോണോഅറ്റോമിക് (Monatomic) എന്നും ഓക്സിജൻ ഡൈ അറ്റോമിക് (Diatomic) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. കാർബണിന് മറ്റൊരു സവിശേഷതകൂടിയുണ്ട്. അതിന്റെ 'രാസബന്ധനാസകതയൂണിറ്റു' കളിലൊന്നുപയോഗിച്ച് മറ്റൊരു കാർബൺ ആറ്റവുമായി സംയോജിക്കുന്നതിലൂടെ കാർബൺ ആറ്റങ്ങളുടെ ഒരു ചങ്ങല രൂപപ്പെടുത്താൻ അതിനു കഴിയും.



കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളെ ചിത്രങ്ങളിലൂടെ സൂചിപ്പിക്കാൻ കഴിയും.

കെക്കുലേയുടെ ചിത്രസൂചകങ്ങൾ പക്ഷേ തന്മാത്രാഘടനയുടെ യഥാർത്ഥ രൂപം വെളിപ്പെടുത്തുന്നതിൽ അത്ര ഫലവത്തായില്ല. കെക്കുലെയുടെ അതേ മാതൃക പിന്തുടർന്ന കൂപ്പറാണ് ആറ്റങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം സൂചിപ്പിക്കാനായി രേഖകൾ ഉപയോഗിച്ചു തുടങ്ങിയത്. ഈ രീതി ഇന്നും തുടർന്നുപോരുന്നു.

മിക്കവാറും രാസസംയുക്തങ്ങളുടെ തന്മാത്രാഘടന വെളിപ്പെടുത്തപ്പെട്ടുവെങ്കിലും ബെൻസീൻ പോലെയുള്ള ആരോമാറ്റിക് സംയുക്തങ്ങളുടെ ഘടന ഒരു കീറാമുട്ടിയായിരുന്നു.

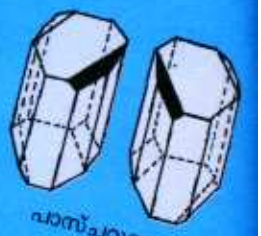


1865 ഈ പ്രശ്നം എങ്ങനെ പരിഹരിക്കുമെന്ന ഗാഢചിന്തയിലായിരുന്നു കെക്കുലെ. അതേക്കുറിച്ച് ഒരു കഥയുണ്ട്. ഒരു പാമ്പ് വട്ടത്തിൽ വളഞ്ഞ് അതിന്റെ വാൽതന്നെ കടിക്കുന്ന ദൃശ്യം അദ്ദേഹം സ്വപ്നത്തിൽ കണ്ടത്രേ! ആറ്റങ്ങൾ കൂട്ടിമുട്ടുന്ന തരത്തിലുള്ള കാർബൺ ആറ്റങ്ങളുടെ ഒരു ചങ്ങലയെക്കുറിച്ച് ചിന്തിക്കാൻ ഇത് അദ്ദേഹത്തെ സഹായിച്ചു. അതിൽനിന്നുമാണ് ബെൻസിന്റെ വലയരൂപത്തിലുള്ള തന്മാത്രാഘടനാചിത്രം അദ്ദേഹം രൂപപ്പെടുത്തിയത്. ഒരുപക്ഷേ, വാസ്തുവിദ്യയിലുണ്ടായിരുന്ന മുൻകാലപരിചയംമൂലമാകാം അദ്ദേഹത്തിന് ഇത് അതിവേഗം സാധ്യമായത്. മറ്റു കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളുടെ ഘടനയും കെക്കുലെ അനാവരണം ചെയ്തിരുന്നു.

ജാക്കോബസ് ഹെൻറിക്കസ് വാൻട് ഹോഫ് (Jacobus Henricus van't Hoff, 1852-1911), **ജെ എ ലെ ബെൽ** (JA Le Bel, 1847-1930) എന്നിവർ കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളുടെ തന്മാത്രാ ഘടനയെ കൂടുതലായി വിശകലനം ചെയ്യാൻ ശ്രമിക്കുകയുണ്ടായി. കാർബണിന്റെ സംയോജക ബന്ധനങ്ങളെ ദ്വിമാനതലത്തിൽ കൂടാതെ ത്രിമാനതലത്തിലും ചിത്രീകരിക്കാൻ വഴിയൊരുക്കി എന്നതാണ് ഇവരുടെ സംഭാവന. ഒരു ത്രികോണസ്തൂപികയുടെ നടുക്കായി കാർബൺ ആറ്റത്തേയും അതിന്റെ മൂലകളിലേക്ക് നീളുന്ന തരത്തിൽ രാസബന്ധനങ്ങളെയും ചിത്രീകരിക്കുകയായിരുന്നു അവർ ചെയ്തത്.

ഒരേ രാസസൂത്രവും ഘടനയും ഉള്ള തന്മാത്രകൾ തമ്മിൽത്തന്നെ അവയുടെ ഗ്രൂപ്പുകളുടെ അഥവാ ആറ്റങ്ങളുടെ ദിശാവ്യത്യാസംകൊണ്ടുമാത്രം വ്യത്യസ്തത പുലർത്തുന്ന 'ദിശാ ഐസോമെറിസം' (Stereo Isomerism) എന്ന പ്രതിഭാസത്തെ വിശദീകരിക്കാൻ ഈ ചിത്രീകരണങ്ങൾക്ക് സാധിച്ചു.

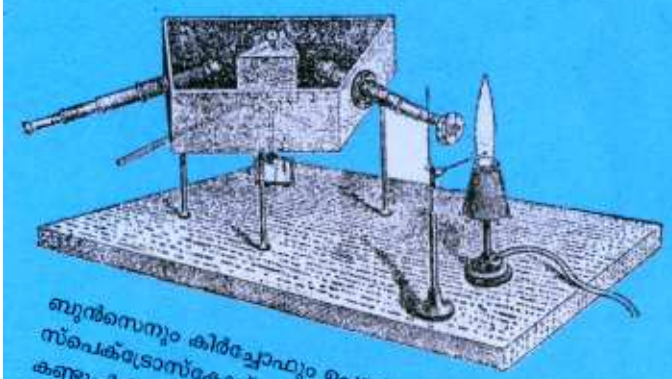
1848-ൽ, **ലൂയിപാസ്ചർ** (Louis Pasteur) ഇതേക്കുറിച്ച് വിശദമായ പഠനങ്ങൾ നടത്തുകയുണ്ടായി. സോഡിയം അമോണിയം ടാർട്ടറേറ്റിന്റെ പരലുകൾ രണ്ട് തരത്തിലുള്ളവയാണെന്ന് നിരീക്ഷിച്ച അദ്ദേഹം, ക്ഷമാപൂർവമായ പരിശ്രമത്തിലൂടെ ചെറിയ ചവണ ഉപയോഗിച്ച് അവയെ വേർപെടുത്തിയെടുത്തു. ഇവയെ ലായനിരൂപത്തിലേക്ക് മാറ്റിയശേഷം, പ്രതലധ്രുവണം വരുത്തിയ (Plane-plarized) പ്രകാശം അവയിലൂടെ കടന്നുപോവാനനുവദിച്ചപ്പോൾ, അവയോരോന്നും പ്രകാശതല വിന്യാസത്തെ വിപരീത ദിശയിലേക്ക് മാറ്റുന്നതായി കണ്ടു.



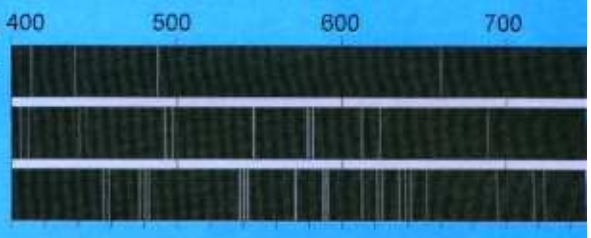
പാസ്ചറുടെ പരലുകൾ

പത്തൊമ്പതാം നൂറ്റാണ്ടിൽ പല പുതിയ മൂലകങ്ങളും കണ്ടെത്തപ്പെട്ടു. സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പി ഉപയോഗിച്ചുള്ള നിരീക്ഷണസങ്കേതങ്ങളുടെ പ്രയോഗമാണ് ഇത് സാധ്യമാക്കിയത്.

സോഡിയത്തിന്റേയും പൊട്ടാസ്യത്തിന്റേയും പരലുകൾ ജ്വലനത്തിന് വിധേയമാക്കിയാൽ അതിന്റേതായ സവിശേഷ നിറത്തോടെ കത്തുന്നതായി ശാസ്ത്രജ്ഞർ മനസ്സിലാക്കുകയുണ്ടായി. **റോബർട്ട് ബുൻസെനും** (Robert Bunsen, 1811-1899) **ഗുസ്താവ് റോബെർട്ട് കിർച്ചോഫും** (Gustav Robert Kirchhoff, 1824-1887) 1859-ൽ പുതിയൊരു ഉപകരണത്തിന് രൂപം നല്കി. ഇങ്ങനെ ജ്വലിപ്പിക്കുന്ന മൂലകപദാർത്ഥങ്ങൾ പുറത്തുവിടുന്ന പ്രകാശത്തെ നിരീക്ഷണവിധേയമാക്കാനുള്ള സംവിധാനമായിരുന്നു അത്. പുറത്തുവരുന്ന പ്രകാശത്തിലെ വ്യത്യസ്ത ആവൃത്തികളെ വേർതിരിച്ചു രേഖപ്പെടുത്താൻ അതിനു കഴിയുമായിരുന്നു.



ബുൻസെനും കിർച്ചോഫും ഉപയോഗിച്ചിരുന്ന സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പ്. ബുൻസെൻ 1856-ൽ കണ്ടുപിടിച്ച 'ഗ്യാസ് വിളക്കാ' (Gas Burner)ണ് ഇതിൽ ഉപയോഗിച്ചിരുന്നത്.



ചില മൂലകങ്ങളുടെ അറ്റോമിക ഉത്സർജന ശ്രേണി (Atomic Emission Spectra). ഓരോ മൂലകത്തിന്റേതുമായി വെവ്വേറെ രേഖാക്രമങ്ങളാണുള്ളത് എന്ന കാര്യം ശ്രദ്ധിക്കുക.

ഓരോ മൂലകവും നിശ്ചിത ആവൃത്തിയിലുള്ള പ്രകാശത്തെ ഉത്സർജിക്കുന്നതിലൂടെ അതിന്റേതായ ഉത്സർജനരേഖാശ്രേണികൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നവയാണ്. മറ്റു മൂലകങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം ഇതിനെ സ്വാധീനിക്കുന്നില്ല.

ബുൻസെൻ

കിർച്ചോഫ്

വളരെ സൂക്ഷ്മമായ അളവിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മൂലകങ്ങൾക്കുപോലും അതിന്റേതായ ഉത്സർജനരേഖാശ്രേണിയെ സൃഷ്ടിക്കാനാവും. ഓരോ മൂലകത്തിന്റേയും "വിരലടയാളം" ആയി ഇതിനെ കണക്കാക്കാം. നമുക്ക് പരിചയമില്ലാത്ത പുതിയ രേഖാശ്രേണിയാണ് നിരീക്ഷപ്പെടുന്നതെങ്കിൽ അതൊരു പുതിയ മൂലകമായിരിക്കും.

സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പ് ഉപയോഗിച്ചുള്ള അന്വേഷണം അനവധി മൂലകങ്ങളെ കണ്ടെത്തുന്നതിലേക്ക് നയിച്ചു. സീഷിയം (Caesium -ലാറ്റിൻ ഭാഷയിൽ 'സീഷിയം' എന്നാൽ 'ആകാശനീലിമ' എന്നാണർത്ഥം) ആയിരുന്നു ഇവയിൽ ആദ്യത്തേത്. 1860-ലാണ് ഇത് കണ്ടെത്തിയത്. 1861-ൽ റൂബീഡിയ (Rubidium) വും കണ്ടെത്തി. ഉത്സർജനശ്രേണിയിൽ ചുവന്ന രേഖകളായാണ് അത് രേഖപ്പെടുത്തിയത്. സീഷിയത്തിന്റേത് നീലരേഖകളായിരുന്നു.

പുതിയപുതിയ മൂലകങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടതോടെ, അവ തമ്മിൽ ശ്രേണീപരമായ ചില ബന്ധങ്ങൾ തിരിച്ചറിയപ്പെട്ടു. സാമാന്യസ്വഭാവമുള്ളവയും സമാന രാസപ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെടുന്നവയേയും നിശ്ചിത'ഗ്രൂപ്പു' കളിലായി വിന്യസിച്ചു. ഹാലൊജനുകളും ആൽക്കലിലോഹങ്ങളും പ്രകടമായ സാദൃശ്യം പുലർത്തുന്നവയായിരുന്നു. ബെർസീലിയസ് നിർണയിച്ച അറ്റോമിക ഭാരം സംബന്ധിച്ച വിവരങ്ങൾ കൂടിയായപ്പോൾ, അനുക്രമമായ രീതിയിൽ മൂലകങ്ങളെ അടുക്കിവയ്ക്കാം എന്ന സ്ഥിതിയായി.

മേയർ

1869- ജർമനിയിലെ ലോതർ മേയറും (1830-1935) റഷ്യയിലെ ഡിമിട്രി ഇവാനോവിച്ച് മെൻഡെലേയ്ഫും (1834-1907) ഏതാണ്ട് ഒരേസമയത്ത് ഇനിപ്പറയുന്ന തരത്തിലുള്ള ഒരു നിരീക്ഷണം നടത്തുകയുണ്ടായി:

മെൻഡലേയ്ഫ്

"മൂലകങ്ങളെ അവയുടെ അറ്റോമിക ഭാരത്തിന്റെ ആരോഹണക്രമത്തിൽ അടുക്കിയാൽ, അവയുടെ ഭൗതികവും രാസപരവുമായ സ്വഭാവങ്ങളിൽ, ക്രമാനുഗതമായ ഒരു ശ്രേണീബന്ധം വെളിപ്പെടുന്നത് കാണാനാവും"

മാത്രമല്ല, അന്നുവരെ കണ്ടെത്തപ്പെടാത്ത മൂലകങ്ങൾക്കായി, അവർ സ്ഥാനങ്ങൾ ഒഴിച്ചിടുകയുമുണ്ടായി.

"ഈ മൂലകപ്പട്ടികയ്ക്ക്, ഇതിൽ ഒഴിച്ചിട്ടിരിക്കുന്ന സ്ഥാനങ്ങളിലേക്ക് വന്നുചേരാനിരിക്കുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ ഭൗതിക-രാസ സ്വഭാവങ്ങൾ എങ്ങനെയായിരിക്കുമെന്ന് പ്രവചിക്കാനാവും!"

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
			Ni = Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

മെൻഡലേയ്ഫ് 1869-ൽ രൂപം കൊടുത്ത മൂലകപ്പട്ടികയുടെ പ്രാഥമിക രൂപം.

പ്രവചിക്കപ്പെട്ടത്:

എക്കാ-അലുമിനിയം
അറ്റോമിക ഭാരം : ഏകദേശം 68
ലോഹം. 'സ്പെസിഫിക് ഗ്രാവിറ്റി' : 5.9; കുറഞ്ഞ ദ്രവണാങ്കം ; ബാഷ്പീകരിക്കാത്തത്; വായുവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കാത്തത്; ചുട്ടുപഴുത്ത അവസ്ഥയിൽ നീരാവിയെ വിഘടിപ്പിക്കുന്നത്; ആസിഡിലും ആൽക്കലിയിലും സാവധാനം ലയിക്കുന്നത്. ഓക്സൈഡിന്റെ രാസസൂത്രം Ea_2O_3; ആസിഡുകളിൽ ലയിക്കുന്നതിലൂടെ EaX_3 എന്ന തരത്തിലുള്ള ലവണങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കാൻ കഴിയുന്നത്; ഹൈഡ്രോക്സൈഡിന് ആസിഡിലും ആൽക്കലിയിലും ലയിക്കാനാവുന്നത്.

കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടത്:

ഗാലിയം അറ്റോമിക ഭാരം : 69.9
ലോഹം: 'സ്പെസിഫിക് ഗ്രാവിറ്റി' 5.94; ദ്രവണാങ്കം 30° സെൽഷ്യസ്; മിതമായ താപനിലയിൽ ബാഷ്പീകരിക്കാത്തത്; വായുവുമായി പ്രതിപ്രവർത്തിക്കാത്തത്; നീരാവിയുമായി പ്രവർത്തനമില്ലാത്തത്; ആസിഡിലും ആൽക്കലിയിലും സാവധാനം ലയിക്കുന്നത്. ഓക്സൈഡിന്റെ രാസസൂത്രം Ga_2O_3; ആസിഡുകളിൽ ലയിക്കുന്നതിലൂടെ GaX_3 എന്ന തരത്തിലുള്ള ലവണങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കാൻ കഴിയുന്നത്; ഹൈഡ്രോക്സൈഡിന് ആസിഡിലും ആൽക്കലിയിലും ലയിക്കാനാവുന്നത്.

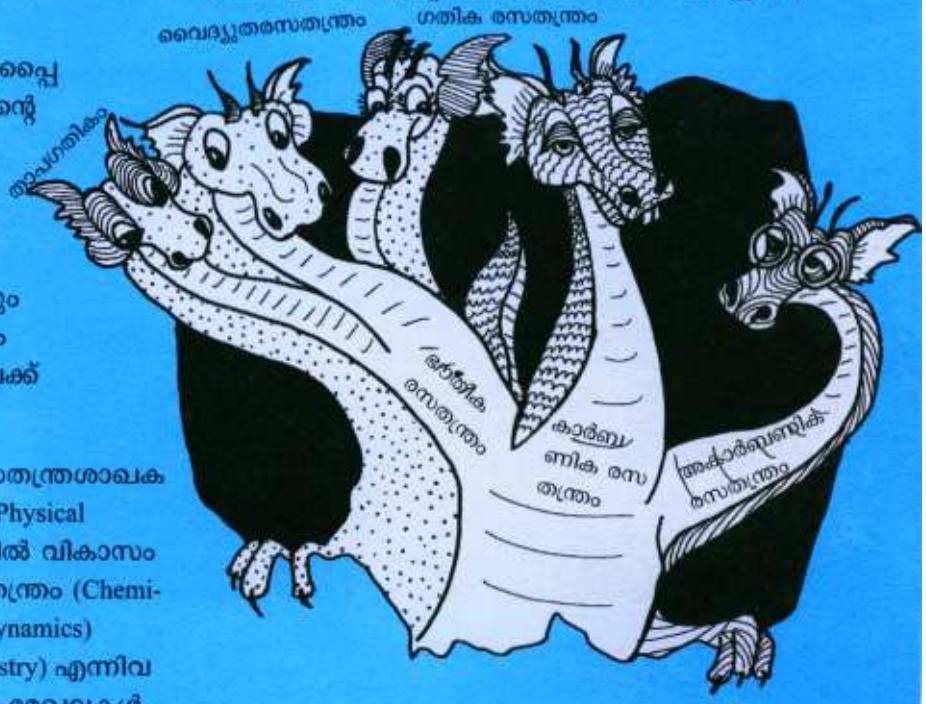
ഗാലിയം, ജർമേനിയം സ്കാൻഡിയം എന്നീ മൂലകങ്ങൾ മെൻഡലേയ്ഫ് പട്ടിക രൂപീകരിച്ച കാലത്ത് കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടിരുന്നില്ലെങ്കിലും, അദ്ദേഹം അവയ്ക്കായി അതിൽ സ്ഥാനങ്ങൾ ഒഴിച്ചിടുകയും അവയുടെ അറ്റോമിക ഭാരം, രാസസ്വഭാവങ്ങൾ എന്നിവ പ്രവചിക്കുകയും ചെയ്തിരുന്നു.

1874-ൽ ഗാലിയം (Gallium) കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ടപ്പോൾ, മെൻഡലേയ്ഫിന്റെ പ്രവചനങ്ങൾ ശരിയാണെന്ന് തെളിഞ്ഞു.

തുടർന്ന് മറ്റു മൂലകങ്ങൾ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെടുകയും അവയെല്ലാം മെൻഡലേയ്ഫിന്റെ പ്രവചനങ്ങൾ അക്ഷരാർത്ഥത്തിൽ ശരിവെയ്ക്കുകയും ചെയ്തു. ഇതിലൂടെ അദ്ദേഹത്തിന്റെ ആവർത്തനപ്പട്ടിക (Periodic table of Elements) വ്യാപകമായി അംഗീകരിക്കപ്പെടുകയും അതിലൂടെ അകാർബണികരസതന്ത്രം വ്യവസ്ഥാപിതമായ ഒരു മാർഗത്തിലേക്ക് അവരോധിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്തു.

കാർബണിക- അകാർബണിക രസതന്ത്രശാഖകളോടൊപ്പം - ഭൗതിക രസതന്ത്രം (Physical Chemistry) പത്തൊമ്പതാം നൂറ്റാണ്ടിൽ വികാസം പ്രാപിക്കുകയുണ്ടായി. ഗതികരസതന്ത്രം (Chemical Kinetics), താപഗതികം (Thermodynamics) വൈദ്യുതരസതന്ത്രം (Electro Chemistry) എന്നിവയായിരുന്നു മൂന്നു പ്രധാന മുന്നേറ്റ മേഖലകൾ.

"ഏയ്, നോക്ക്! ഞാൻ പത്തൊമ്പതാം നൂറ്റാണ്ടിലെ രസതന്ത്രസ്ത്രമാണ്... എന്റെ സമയത്ത് രസതന്ത്രത്തിനുണ്ടായിരുന്ന മുഖ്യ ശാഖകളെയാണ് എന്റെ തലകൾ പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നത്.



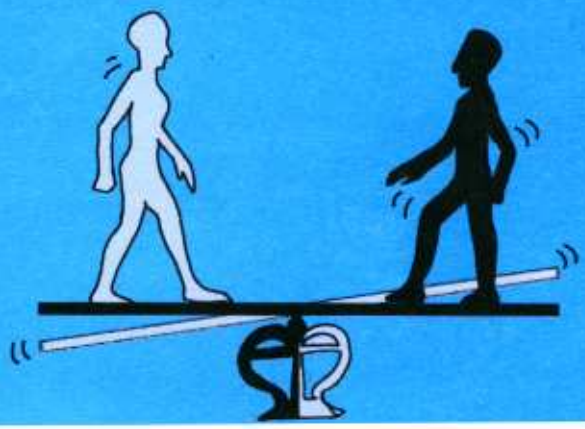
1850 ലുഡ്വിഗ് വിൽഹെമി (Ludwig Wilhelmy, 1812-1864) ആസിഡുകളുടെ സാന്നിധ്യത്തിൽ കരിമ്പിൻ പഞ്ചസാര (Cane Sugar) യുടെ ലയനസ്വഭാവം (Hydrolysis) പഠനവിധേയമാക്കുകയുണ്ടായി. ലായനിയിലെ പഞ്ചസാരയുടെ സാന്ദ്രത അറിയുന്നതിനായി 'ഒപ്ടിക്കൽ റൊട്ടേഷൻ' (Optical Rotation) എന്ന സ്വഭാവത്തിലെ വ്യതിയാനമാണ് അദ്ദേഹം പ്രയോജനപ്പെടുത്തിയത്. രാസപ്രക്രിയയെ വിശദീകരിക്കുന്നതിനായി ഗണിതക്രിയ ആദ്യമായി ഉപയോഗിച്ചതും ഇദ്ദേഹമായിരുന്നു.

'Z' എന്നത് പഞ്ചസാരയുടെ സാന്ദ്രതയും 'dT' എന്ന സമയ ഇടവേളയ്ക്കുള്ളിൽ ലയിച്ചു ചേരുന്ന പഞ്ചസാരയുടെ നഷ്ടം 'dz' -ഉം ആണെങ്കിൽ അവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം താഴെപ്പറയുന്ന സൂത്രവാക്യത്തിലൂടെ വ്യക്തമാക്കാമെന്ന് വിൽഹെമി സമർത്ഥിച്ചു.

$$-dZ/dT=kZ$$

ഇതിൽ 'k' എന്നത് ഒരു സ്ഥിരാങ്ക (constant) മാണ്. ഒരു ഏകതന്മാത്രാ രാസപ്രവർത്തന (Monomolecular Reaction) ത്തിന്റെ നിരക്കി (rate) നെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതായിരുന്നു ഈ സമവാക്യം.

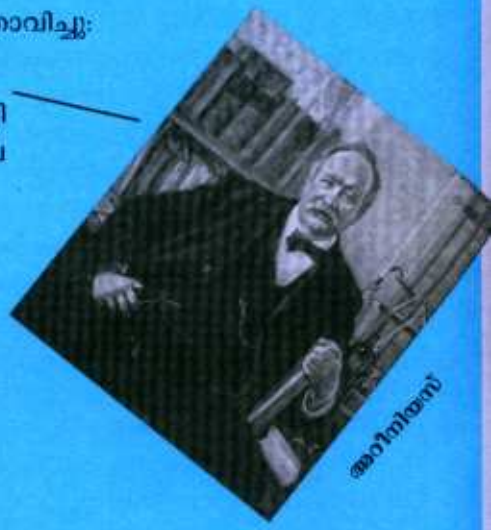
ഏതാണ്ട്, അതേ സമയത്തുതന്നെ, **എ ഡബ്ലിയു. വില്യംസൺ** (A W Williamson, 1824-1904) ഇനിപ്പറയുന്ന തരത്തിലുള്ള ഒരു നിരീക്ഷണം നടത്തുകയുണ്ടായി: ഒരു രാസപ്രവർത്തനം നിശ്ചിതമായ നിരക്കിൽ അഭികാരകങ്ങളിൽ നിന്നും ഉൽപ്പന്നങ്ങളെ സൃഷ്ടിക്കുകയും ആ ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ അതേ നിരക്കിൽ അഭികാരകങ്ങളെ പുനഃസൃഷ്ടിക്കുകയും ചെയ്തുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ, അവ തമ്മിൽ വൈകാതെ തന്നെ ഒരു സന്തുലിതാവസ്ഥയിലേക്കെത്തും. ഇതായിരുന്നു "രാസപ്രവർത്തനം ഗതികമാണ്" (Dynamic Equilibrium) എന്ന ആശയത്തിനിടയാക്കിയത്.



1877 രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന തന്മാത്രകളുടെ എണ്ണത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി **വാന്റ് ഹോഫ്** (Van't Hoff) രാസപ്രക്രിയകളെ 'ഒന്നാംക്രമത്തിലുള്ളവ' (First Order) 'രണ്ടാം ക്രമത്തിലുള്ളവ' (Second Order) എന്നിങ്ങനെ തരംതിരിക്കുകയുണ്ടായി.

സ്വാന്റേ അറീനിയസ് (Svante Arrhenius, 1859-1927) ൽ ഇങ്ങനെ പ്രസ്താവിച്ചു:

"ഒരു മിശ്രിതത്തിലെ എല്ലാ തന്മാത്രാസംഘട്ടനങ്ങളും (molecular collision) രാസപ്രവർത്തനത്തിലേക്ക് നയിക്കണമെന്നില്ല. രാസപ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെടാനുള്ള നിമ്നതമ ഊർജം സ്വായത്തമാക്കുന്നവ മാത്രമേ രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുക്കുകയുള്ളൂ."



ഉൽപ്രേരകങ്ങൾ പങ്കെടുക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് അനവധി ഉദാഹരണങ്ങൾ ഇക്കാലത്ത് കണ്ടെത്തുകയുണ്ടായി. എന്നാൽ, അവയുടെ വിശദീകരണം ദുരൂഹമായി തുടരുകയായിരുന്നു. ഏതോ വിശേഷമായ 'ഉൽപ്രേരകബലം' (Catalytic Force) തന്മാത്രകളുടെ ഊർജാവസ്ഥകളിൽ മാറ്റമുണ്ടാക്കുന്നതാണ് ഇതിനു കാരണമാവുന്നതെന്നാണ് വിശ്വസിച്ചിരുന്നത്.

ഈ ആശയങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ നിരക്കിനെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്ന "രസതന്ത്രഗതികം" (Chemical Kinetics) രസതന്ത്രത്തിന്റെ പ്രധാന ശാഖകളിലൊന്നായി മാറുകയുണ്ടായി. രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ അടിസ്ഥാനപരമായി എങ്ങനെയാണ് നടക്കുന്നതെന്ന് വ്യക്തമായി മനസ്സിലാക്കപ്പെടാൻ ഇത് സഹായകമായിത്തീർന്നു.

1894. വിൽഹെം ഓസ്റ്റ്വാൽഡ് (Wilhelm Ostwald, 1853-1932) ഉൽപ്രേരകങ്ങൾക്കും അനുബന്ധ പ്രതിഭാസങ്ങൾക്കും ഗതികവുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തി പുതിയ വിശദീകരണം നല്കി. ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ പങ്കെടുക്കുന്ന അഭികാരകങ്ങളുടേയും ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടേയും ഊർജാവസ്ഥയിൽ മാറ്റമുണ്ടാക്കാതെ അതിന്റെ നിരക്ക് വർധിപ്പിക്കുന്ന പദാർത്ഥങ്ങളാണ് ഉൽപ്രേരകങ്ങൾ. രാസപ്രവർത്തനം സാധ്യമാവാനുള്ള 'പ്രവർത്തനോർജ'ത്തെ കുറച്ച്, ഭൂരിഭാഗം തന്മാത്രാ സംഘട്ടനങ്ങളെയും രാസപ്രവർത്തനത്തിലേക്ക് നയിക്കുകയാണ് ഉൽപ്രേരകങ്ങൾ ചെയ്യുന്നത്.

നമ്മൾ ഒരു മരുഭൂമിയുടെ നടുവിലാണെന്നും അവിടെവെച്ച് ഒരു പേപ്പർ കഷണത്തിൽ എന്തെങ്കിലും എഴുതാൻ ശ്രമിക്കുകയാണെന്നും കരുതുക. അങ്ങനെയെങ്കിൽ നമുക്കത് നിലത്തുള്ള മണലിന്റെ പുറത്തുവച്ച് എഴുതേണ്ടിവരും. എന്നാൽ ഇത് ആയാസമേറിയതും സാവധാനത്തിലുള്ളതുമായിരിക്കും. എന്നാൽ ഒരു ക്ലിപ്ബോർഡ് ഉണ്ടെങ്കിലോ? ഇക്കാര്യം വളരെ എളുപ്പമാവും, അല്ലേ? ഒരു പേപ്പറിൽ എഴുതിക്കഴിഞ്ഞശേഷം അതുമാററി മറ്റൊരു പേപ്പർ എഴുതാനായെടുക്കാം. അപ്പോഴും ക്ലിപ്ബോർഡ് ഉപയോഗിക്കാമല്ലോ.

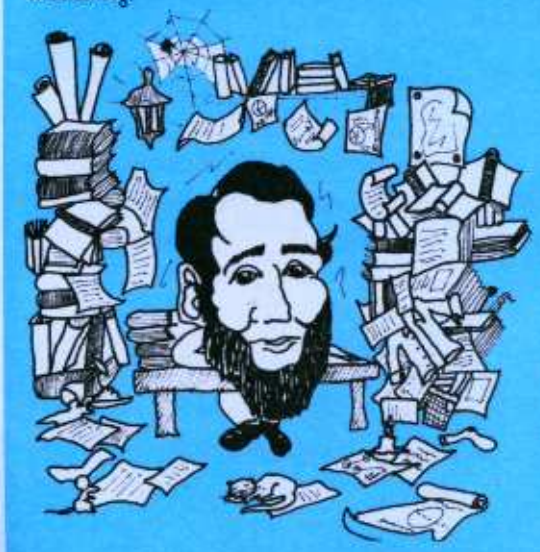
ഇതുപോലെ തന്നെയാണ് ഒരു ഉൽപ്രേരകവും. അത് നിങ്ങളുടെ എഴുത്തിന്റെ വേഗം കൂട്ടുന്നു. പക്ഷേ, അത് സ്വയം മാറ്റത്തിനു വിധേയമാവുന്നുമില്ല.

1820-കൾ പുതുതായി കണ്ടെത്തിയ ആവി എഞ്ചിനുകളുടെ കാര്യക്ഷമതയെക്കുറിച്ച് പഠനം നടത്തിയ ഫ്രഞ്ച് സാങ്കേതിക വിദഗ്ദ്ധനായ സാദി കാർനോട്ട് (Sadi Carnot, 1796-1832) ആയിരുന്നു 'താപഗതികത്തിന് അടിസ്ഥാനമിട്ടതും 'എൻട്രോപ്പി' എന്ന ആശയം അവതരിപ്പിച്ചതും.

1842 ജർമൻ ഭിഷഗ്വരനായിരുന്ന **റോബർട്ട് മേയർ** (1814-1887) ട്രോപ്പിക് മേഖലയിലെ ജീവികളിൽ കാണുന്ന അശുദ്ധരക്തം തണുത്ത കാലാവസ്ഥമേഖലയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ജീവികളുടെ രക്തത്തെക്കാൾ കടും ചുവപ്പുനിറത്തിലുള്ളതാണെന്ന് നിരീക്ഷിക്കുകയുണ്ടായി. ഹൃദയത്തിലേക്ക് തിരിച്ചെത്തുന്ന രക്തത്തിൽ കൂടുതലായി ഓക്സിജൻ അടങ്ങിയതാണ് ഇതിനു കാരണം. ഇതിൽനിന്നും മേയർ ഇങ്ങനെയൊരു അനുമാനം നടത്തി: ചൂടുള്ള കാലാവസ്ഥയിൽ കഴിയുന്ന ജീവികൾക്ക് ശരീരതാപം നിലനിറുത്തുന്നതിനായി കുറച്ച് ഊർജം ഉപയോഗിച്ചാൽ മതിയെന്നതുകൊണ്ടാണ്, രക്തത്തിൽ ഓക്സിജൻ ബാക്കിയാവുന്നതെന്ന് അദ്ദേഹം അനുമാനിച്ചു. ഇതാണ് 'ഊർജ സംരക്ഷണനിയമ'ത്തിലേക്കുള്ള ആദ്യ ചുവടുവയ്പ്പായത്. **റൂഡോൾഫ് ക്ലാസിയസ്** (Rudolf Clausius, 1822-1888) പിൽക്കാലത്ത് ഇത് നിയമരൂപത്തിൽ ആവിഷ്കരിക്കുകയും ചെയ്തു.

1845 ഒരു ദ്രാവകം നന്നായി ഇളക്കുന്നതിലൂടെ അതിന്റെ താപനില വർധിക്കുന്നതായി **ജെയിംസ് പ്രെസ്കോട്ട് ജൂൾ** (James Prescott Joule, 1818-1889) നിരീക്ഷിക്കുകയുണ്ടായി. ഇതിലൂടെ താപവും യാന്ത്രികോർജവും പരസ്പരപൂരകങ്ങളാണെന്ന് അദ്ദേഹം തെളിയിച്ചു.

റൂഡോൾഫ് ക്ലാസിയസ്(1822-1888) 1865-ൽ താപഗതികാടിസ്ഥാനത്തിലുള്ള പ്രവർത്തനാവസ്ഥയെ വിവക്ഷിക്കുന്നതിനായി "എൻട്രോപ്പി" എന്ന പദം ഉപയോഗിക്കുകയും താഴെപ്പറയുന്ന തരത്തിൽ രണ്ടു സുപ്രസിദ്ധ നിയമങ്ങൾ ആവിഷ്കരിക്കുകയും ചെയ്തു.

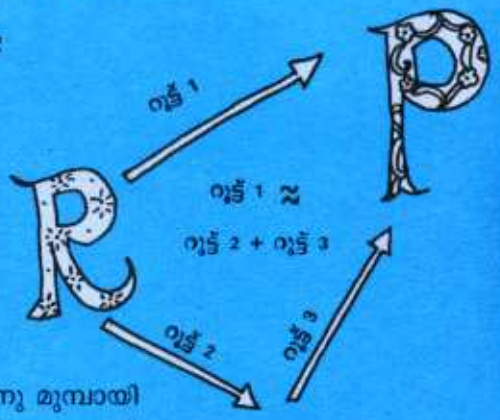


1. ലോകത്തിന്റെ മൊത്തം ഊർജം സ്ഥിരമാണ്.

2. ഒരു വ്യൂഹ (System) ത്തിലെ 'എൻട്രോപ്പി' (ക്രമരഹിതാവസ്ഥയുടെ ഏകകം)ക്ക് എപ്പോഴും ഉച്ചസ്ഥിതിയിലായിരിക്കാനുള്ള പ്രവണതയുണ്ടായിരിക്കുക.

താപഗതികത്തിലെ മൂന്നാം നിയമം പിന്നീടാണ് നിലവിൽ വന്നത്. വളരെ താഴ്ന്ന താപനിലയിൽ പദാർത്ഥങ്ങൾ എങ്ങനെ പ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്നത് പഠനവിധേയമാക്കിയ **വാൾട്ടർ നേൺസ്റ്റ്** (Walther Nernst, 1864-1941) 1905 - ഓടെ താപഗതികത്തിന്റെ മൂന്നാം നിയമം ഇപ്രകാരം ആവിഷ്കരിക്കുകയുണ്ടായി.

പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഭൗതികപരമായ പ്രവർത്തനങ്ങൾ, അവ കേവല പൂജ്യത്തോടടുക്കുമ്പോൾ നഷ്ടപ്പെടാൻ തുടങ്ങുന്നതായി കാണാം.



താപഗതികത്തിലെ ഇത്തരം പഠനങ്ങൾ പുരോഗമിക്കുന്നതിനു സമാന്തരമായി താപരസതന്ത്ര മേഖലയിലും സ്വതന്ത്രമായ മുന്നേറ്റങ്ങൾ നടക്കുകയായിരുന്നു.

1840. **ജെർമെയ്ൻ ഹെൻറി ഹെസ്സ്** (Germain Henri Hess, 1802-1850) ഇങ്ങനെ നിരീക്ഷിക്കുകയുണ്ടായി.

"ഒരു രാസപ്രവർത്തനത്തിൽ അന്തിമ, ഉൽപ്പന്നം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നതിനു മുമ്പായി ഏതൊക്കെ ഇടനിലഘട്ടങ്ങളിലൂടെ കടന്നുപോയാലും, ആ രാസപ്രവർത്തനത്തിന് പൊതുവായുള്ള താപമാനം സ്ഥിരമായിരിക്കും."

"ഊർജ സംരക്ഷണ നിയമ" ത്തിൽ നിന്നുള്ള സവിശേഷമായ ഒരു വ്യതിയാനം എന്ന നിലയിലാണ് രണ്ടു വർഷത്തിനുശേഷം മേയർ "താപത്തിന്റെ സുസ്ഥിരസങ്കലനനിയമം" (Law of Constant Summation of Heat) ആവിഷ്കരിച്ചത്.

1878 ഒരു രാസ പ്രക്രിയയുടെ ദിശയെ സൂചിപ്പിക്കാനായി, അമേരിക്കയിലെ എയ്‌ലി (Yale) ലുള്ള **ജോഷ്യ വില്ലാർഡ് ഗിബ്സ്** (Josiah Willard Gibbs, 1839-1903) 'രാസ പൊട്ടൻഷ്യൽ' (Chemical Potential) എന്ന ആശയം മുന്നോട്ടു വയ്ക്കുക യുണ്ടായി. "വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യ" (Electric Potential) ലിന് സമാനമായിരുന്നു ഇത്. ഉയർന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിൽനിന്നും താഴ്ന്ന വൈദ്യുത പൊട്ടൻഷ്യലിലേക്കാണല്ലോ വൈദ്യുതി പ്രവഹിക്കുന്നത്. അതുപോലെ, രാസപ്രവർത്തനം നടക്കുമ്പോൾ, ഉയർന്ന രാസപൊട്ടൻഷ്യലിൽ നിന്നും താഴ്ന്ന രാസപൊട്ടൻഷ്യലിലേക്ക് "ദ്രവ്യ" ത്തിന്റെ പ്രവാഹമുണ്ടാവുന്നു എന്ന് അദ്ദേഹം സിദ്ധാന്തിച്ചു.

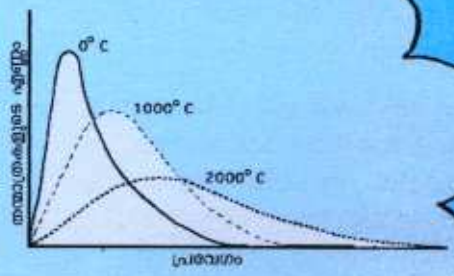
"ഫേസ് നിയമം" (Phase Rule) എന്ന പേരിൽ ഘടകങ്ങളുടെ എണ്ണം (C), ഘട്ട (phase) ങ്ങളുടെ എണ്ണം (p,ഖരം, ദ്രാവകം, ബാഷ്പാവസ്ഥ എന്നിങ്ങനെയുള്ളവയുടെ), എന്നിവയെ സ്വതന്ത്രതയുടെ വിവിധ തലങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തുന്ന ഒരു സമവാക്യം ഗിബ്സ് രൂപീകരിക്കുകയുണ്ടായി. സ്വതന്ത്രമായി വ്യതിയാനം വരുത്താൻ കഴിയുന്ന താപനില, മർദം എന്നിവയുടെ എണ്ണം "F"ആയി കണക്കാക്കുയാണെങ്കിൽ അത് താഴെക്കാണുന്ന രീതിയിൽ എഴുതാൻ കഴിയും.

$$F=C+2-P$$

ഓസ്ട്രിയക്കാരനായ **ലുഡ്‌വിഗ് ബോൾട്സ്മാൻ** (Ludwig Boltzmann, 1844-1906) സാംഖ്യിക താപഗതിക (Statistical Thermo dynamics) മേഖലയിൽ പ്രാഥമികമായ പല പഠനങ്ങളും നടത്തുകയുണ്ടായി. രാസപരമായ സവിശേഷതകളെ താപഗതികസംബന്ധമായ അളവുകളുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തിക്കൊണ്ട് താപഗതികത്തെ തന്മാത്രാതലത്തിൽ വിശദമാക്കാനായിരുന്നു അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശ്രമം.

അത് എങ്ങനെയാണെന്ന് എനിക്കറിയാം... അരി വെന്തുവോ എന്നറിയുന്നതിനായി ഞാൻ അൽപ്പം പാത്രത്തിന്റെ മുകൾഭാഗത്തു നിന്നും കുറച്ച് പാത്രത്തിന്റെ ഉൾവശത്തുനിന്നും എടുത്തുനോക്കും. രണ്ടിടത്തുനിന്നുള്ളവയും ഒരുപോലെ വെന്തിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ, പാത്രത്തിലെ അരി മുഴുവനും വെന്തുകഴിഞ്ഞു എന്ന് ഉറപ്പിക്കാം.

വാതകങ്ങളുടെ ഗതിക സിദ്ധാന്തങ്ങൾ മിക്കതും സാംഖ്യികതാപഗതികത്തെ പിൻതുടർന്നാണ് രൂപീകരിക്കപ്പെട്ടത്. സ്കോട്ടിഷ് വംശജനായ ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞൻ ജെയിംസ് ക്ലാർക്ക് മാക്സ്വെല്ലും 1831-1879) ബോൾട്സ്മാനും സംയുക്തമായി, വാതകതന്മാത്രകളുടെ ചലനം വിശദീകരിക്കുന്നതിനായി സംഭാവ്യതാ രീതികൾ (Methods of Probability) ആവിഷ്കരിക്കുകയുണ്ടായി. വാതകത്തിലെ തന്മാത്രകളുടെ പ്രവേഗം, മാക്സ്വെൽ-ബോൾട്സ്മാൻ വിതരണം (Maxwell-Boltzmann Distribution) അനുസരിക്കുന്നതായി അവർ കണ്ടെത്തി. ഇതിന്റെ ശരാശരി നിലയും വ്യാപ്തിയും താപനിലയുടെ വർധനവിനനുസരിച്ച് കൂടുന്നതായും അവർ കണ്ടെത്തുകയുണ്ടായി.



1877 ബോൾട്സ്മാൻ സാംഖ്യിക താപഗതികത്തിലെ ഏറ്റവും പ്രശസ്തമായ സമവാക്യം പ്രസിദ്ധീകരിക്കുകയുണ്ടായി.

$$S = K_B \ln W,$$

'S' എന്നത് 'എൻട്രോപ്പി'യാണ്. 'K_B' ഒരു സ്ഥിരാങ്കവും, 'W' എന്നത് വ്യൂഹത്തിലെ ക്രമരഹിതാവസ്ഥ (disorder) യുടെ മാത്രയും. 'എൻട്രോപ്പി' എന്ന താപഗതികമാത്രയും സാംഖ്യിക മാത്ര (Statistical Quantity) യായ 'W' യും തമ്മിലുള്ള ബന്ധമാണ് ഇത് അനാവരണം ചെയ്യുന്നത്. പദാർത്ഥങ്ങളുടെ അറ്റോമിക ഘടന പൊതുവേ അംഗീകരിക്കപ്പെടാതിരുന്ന കാലത്താണ് സാംഖ്യിക താപഗതികം വികസിപ്പിക്കപ്പെട്ടത്. അതിനാൽ ബോൾട്സ്മാന്റെ സിദ്ധാന്തം ആദ്യകാലങ്ങളിൽ ആരും അംഗീകരിക്കുകയുണ്ടായില്ല.

സ്വീഡനിലെ ഉപാസലാ സർവകലാശാല (University of Uppasala) യിൽ ഡോക്ടറർ പഠനം നടത്തിയിരുന്ന സ്വാന്റേ അറീനിയസ് (Svante Arrehenius) , 1880- കളുടെ തുടക്കത്തിൽ ലായനികളിലൂടെയുള്ള വൈദ്യുത പ്രവാഹത്തെക്കുറിച്ച് പഠിച്ചിരുന്നു. ഇല്ക്ട്രോലൈറ്റുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ചില സംയുക്തങ്ങൾ (ഉദാഹരണത്തിന് ലവണങ്ങൾ), ജലത്തിൽ ലയിക്കുമ്പോൾ, അവ പോസിറ്റീവും നെഗറ്റീവും അയോണുകളായി വേർപിരിയുന്നു. ലായനിയിലൂടെ വൈദ്യുതിയെ കടന്നുപോവാൻ സഹായിക്കുന്നത് അതിലെ അയോണുകളാണ്.

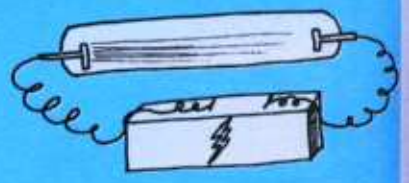
അസാധ്യം! വിരുദ്ധ ചാർജുള്ള അയോണുകൾക്ക് ലായനിയിൽ വേറിട്ടു നില്ക്കാനാവില്ല. സ്വന്റേയ്ക്ക് ഡോക്ടറേറ്റ് കിട്ടുമെന്ന് തോന്നുന്നില്ല.

ഒരു പക്ഷേ അദ്ദേഹം പറയുന്നത് ശരിയായിരിക്കാം. എന്തായാലും നിരീക്ഷണം സമർത്ഥിക്കാൻ കഴിയണം.

വൈകിയാണെങ്കിലും ശാസ്ത്രസമൂഹം അറീനിയസിനെ അംഗീകരിക്കുകയുണ്ടായി. 1903-ൽ, അദ്ദേഹത്തിന്റെ "വൈദ്യുതിവിശ്ലേഷണസിദ്ധാന്തം" നൊബേൽ സമ്മാനത്തിന് അർഹമായി.

പത്തൊമ്പതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ അവസാനത്തോടെ, രസതന്ത്രം വളരെയധികം പുരോഗതി പ്രാപിച്ചു. എങ്കിലും, തന്മാത്രകളെ ഒരുമിച്ചു ചേർത്തുനിർത്തുന്ന ബലം ഏതാണെന്ന് വ്യക്തമായി മനസ്സിലാക്കാൻ അപ്പോഴും കഴിഞ്ഞില്ല. ഇതിന് ഉത്തരമായത് ശാസ്ത്രചരിത്രത്തിലെ വിപ്ലവാത്മകമായ വഴിത്തിരിവായിത്തീർന്ന ഒരു ശാസ്ത്രശാഖയുടെ ഉദയത്തോടെയാണ്. അതായിരുന്നു...

ക്വാണ്ടം മെക്കാനിക്സ് (Quantum Mechanics)



ഈ സിദ്ധാന്തത്തിലേക്ക് നയിച്ചത് ചില പരീക്ഷണ ഫലങ്ങളാണ് അവയെ നമുക്കൊന്നു പരിചയപ്പെടാം.

1874 വില്ല്യം ക്രൂക്ക്സ് (William Crookes, 1832-1919) 'കാഥോഡ് റേ ട്യൂബ്' ഉപയോഗിച്ചുള്ള പഠനത്തിനിടയിൽ അതിനുള്ളിലെ കിരണങ്ങളുടെ പ്രവാഹപാതയിൽ വച്ചിരുന്ന ഒരു ചെറിയ 'ജലചക്രം' (paddle wheel) സ്വയം തിരിയുന്നതായി കണ്ടെത്തി.

കണികകൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഈ കിരണങ്ങൾക്ക് ബലം പ്രയോഗിക്കാൻ കഴിയുമെന്നു അദ്ദേഹം മനസ്സിലാക്കി. ഈ കണികകൾ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിന്റെ പ്രഭാവത്താൽ വെട്ടിത്തിരിയുന്നതു കണ്ട അദ്ദേഹം അവയ്ക്ക് നെഗറ്റീവ് ചാർജാണെന്നു കണ്ടെത്തി.

1897 ജോസഫ് ജോൺ തോംസൺ (Joseph John Thomson, 1856-1940)- അവശിഷ്ടവാതക (Residual gases) ങ്ങളുടെ അയോണീകരണത്തിന്റെ സ്വാധീനം ഒഴിവാക്കാനായി ഉയർന്ന ശൂന്യത സൃഷ്ടിച്ചുകൊണ്ട് കാഥോഡ് കിരണങ്ങളെ പഠനവിധേയമാക്കുകയും വൈദ്യുത കാന്തികമണ്ഡലങ്ങൾക്ക് അവയ്ക്കുമേലുള്ള പ്രഭാവം സൂക്ഷ്മമായി നിരീക്ഷിക്കുകയും ചെയ്തു. ഇതിൽ നിന്നും കാഥോഡ് കിരണങ്ങൾക്ക് അടിസ്ഥാനമായ കണങ്ങളുടെ ചാർജ്-മാസ് അനുപാതം, പ്രവേഗം എന്നിവയെക്കുറിച്ച് കൂടുതൽ കൃത്യമായ അനുമാനത്തിലേക്കെത്താൻ കഴിഞ്ഞു.

ഇക്കാര്യത്തിൽ അദ്ദേഹം വളരെ "പോസിറ്റീവ്" ആണ്.

"നെഗറ്റീവ് ചാർജും ഹൈഡ്രജൻ ആറ്റത്തിന്റെ $\frac{1}{1845}$ അംശം ഭാരമുള്ളവയുമാണ് കാഥോഡ് കിരണങ്ങളിലെ കണങ്ങൾ."

1895 വില്യം കോൺറാഡ് റോൺട്ജെൻ (William Konrad Roentgen, 1845-1923) കറുത്ത പേപ്പർ കൊണ്ട് കാഥോഡ് റേ-ട്യൂബിനെ പൊതിഞ്ഞ ശേഷം അതിനടുത്തായി ബേരിയം പ്ലാറ്റിനോ സയനൈഡിന്റെ പരലുകൾ വച്ചു. അവ "പ്രതിദീപ്തി" (Fluorescence) കാരണം തിളങ്ങുന്നതായി അദ്ദേഹം കണ്ടു.

കട്ടിയുള്ള വസ്തുക്കൾ, ശരീരഭാഗങ്ങൾ എന്നിവയിലൂടെ കടന്നുപോവാനും എല്ലുകൾ തുടങ്ങിയവയുടെ നിഴൽചിത്രങ്ങൾ വീഴ്ത്താനും കഴിയുന്ന ഒരുതരം വികിരണങ്ങൾ അവയിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നതായി അദ്ദേഹം കണ്ടെത്തി.

'എക്സ്-റേ' എന്നാണ് റോൺട്ജെൻ അവയെ വിളിച്ചത്. ഭൗതിക ശാസ്ത്ര-രസതന്ത്രപഠനങ്ങളിൽ ഒരു സ്പെക്ട്രോ സ്കോപ്പിക് സങ്കേതമായും ആരോഗ്യരംഗത്ത് രോഗനിർണയത്തിനുള്ള ഉപാധികളിലൊന്നായും എക്സ്-റേ പ്രയോജനപ്പെടുത്തണമെന്നും വിമാനത്താവളങ്ങളിലും മറ്റും സുരക്ഷാക്രമീകരണങ്ങളുടെ ഭാഗമായി ബാഗുകൾ പരിശോധിക്കുന്നതിന് എക്സ്-റേ ഉപയോഗിക്കാമെന്നും കണ്ടെത്തി.

ചാലകങ്ങളിലൂടെ വൈദ്യുതി വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോവുന്ന കണങ്ങളുടെ ചാർജിത രൂപത്തിന് "ഇലക്ട്രോൺ" എന്ന പേര് നേരത്തേ തന്നെ നല്കിയിരുന്നു. "ഇലക്ട്രോൺ" എന്ന പേര് ഇവയ്ക്കു നല്കപ്പെടണം എന്ന് **ജി എഫ് ഫിറ്റ്സ്ജെറാൾഡ്** (G F FitzGerald, 1851-1901) അഭിപ്രായപ്പെടുകയുണ്ടായി. അത് എല്ലാവരും അംഗീകരിക്കുകയും

'ഇലക്ട്രോൺ' എന്ന പദം ഉപയോഗിക്കുന്നതാണ് നല്ലതെന്ന് എനിക്ക് തോന്നുന്നു. ആ പേര് നമുക്ക് പരിചിതമാണല്ലോ.

1896 ആന്റോയിൻ ഹെൻറി ബെക്കറെൽ (Antoine Henri Becquerel, 1852-1908) ഇങ്ങനെ പറഞ്ഞു:

"എക്സ്-റേകൾ പ്രതിദീപ്തിക്ക് കാരണമാവുന്നു. മറ്റൊരു തരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ, പ്രതിദീപ്തിസ്വഭാവമുള്ള വസ്തുക്കളാണ് എക്സ്-റേ പുറപ്പെടുവിക്കുന്നത്. സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ സാന്നിധ്യത്തിൽ യുറേനിയം ലവണങ്ങൾ പ്രതിദീപ്തി പുറപ്പെടുവിക്കുന്നതായി മനസ്സിലാക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

അങ്ങനെയെങ്കിൽ, സൂര്യപ്രകാശം പതിപ്പിക്കുന്നതിലൂടെ അവയിൽ നിന്നും എക്സ്റേ സൃഷ്ടിക്കാനാവില്ലേ എന്ന് ഞാൻ അതിശയത്തോടെ ചിന്തിക്കുന്നു. ഒരു ഫോട്ടോഗ്രാഫിക് പ്ലേറ്റ് കറുത്ത കടലാസിൽ പൊതിഞ്ഞ് യുറേനിയം ലവണത്തോടൊപ്പം വച്ചുകൊണ്ട് ഞാൻ അത് സംഭവ്യമാണോ എന്ന് പരീക്ഷിക്കാൻ പോവുകയാണ്."

എന്നാൽ പാരീസിലെ മേഘാവൃതമായിരുന്ന ശൈത്യദിനങ്ങൾ ബെക്കറിലിന്റെ ഈ ആഗ്രഹങ്ങൾക്ക് തടസമായി.

എങ്കിലും, അൽപ്പദിവസങ്ങൾക്കകം ഫോട്ടോഗ്രാഫിക് പ്ലേറ്റ് തയ്യാറാക്കി അദ്ദേഹം ആ പരീക്ഷണം നടത്തുകയുണ്ടായി.

'അവിശ്വസനീയം! ഫോട്ടോഗ്രാഫിക് പ്ലേറ്റിൽ ഒരുതരം മങ്ങലുണ്ടായിരിക്കുന്നു! ഇതിനു കാരണമാവുന്നത് എന്തെങ്കിലും പുതിയ തരത്തിലുള്ള കിരണങ്ങളായിരിക്കും. ലവണത്തിൽ നിന്നും സ്വയം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ഇവയ്ക്ക് അതാര്യമായ വസ്തുക്കളിലൂടെ കടന്നുപോവാനാവും."

തുടർന്നുള്ള പഠനങ്ങളിലൂടെ, ഈ വികിരണങ്ങളുടെ സ്രോതസ്സ് യുറേനിയം ആണെന്നു തെളിയുകയും ചെയ്തു.

മേരി സ്കോളോഡോവ്സ്ക ക്യൂറി (Marie Skolodowska Curie, 1867-1934) എന്ന പോളിഷ് ശാസ്ത്രജ്ഞ- അവരുടെ ഭർത്താവും ഫ്രഞ്ച് ഭൗതിക ശാസ്ത്രജ്ഞനുമായ പിയറിക്യൂറിയു (Pierre Curie, 1859-1906) മായിച്ചേർന്ന് ഈ പ്രതിഭാസത്തെക്കുറിച്ച് കൂടുതലായി പഠിക്കുകയും 'റേഡിയോ ആക്ടീവത' (Radioactivity) എന്ന പദം നിർദേശിക്കുകയും ചെയ്തു.

ഓസ്ട്രിയൻ ഗവൺമെന്റിൽ നിന്നും ധാരാളമായി ലഭിച്ച "പിച്ച് ബ്ലെൻഡ്" (Pitchblende) എന്ന യുറേനിയത്തിന്റെ അയിരിൽനിന്നും യുറേനിയം വേർതിരിക്കുവാനായി അവർ ശ്രമിച്ചു. എന്നാൽ, അയിരിൽ നിന്നുമുള്ള റേഡിയോ ആക്ടീവത, തങ്ങൾ പ്രതീക്ഷിച്ചതിലേറെയാണെന്ന് അവർ കണ്ടെത്തി.

മേരിയും പിയറിയും ചേർന്ന് ഒരു ടണ്ണോളം വരുന്ന അയിരിൽ നിന്നും ഏതാനും ഗ്രാം മാത്രം ഭാരം വരുന്ന റേഡിയോ ആക്ടീവതയുള്ള പദാർത്ഥം വേർതിരിച്ചെടുത്തു. ഇതിനായി അവർക്ക് കഠിനാധ്വാനം തന്നെ നടത്തേണ്ടി വന്നു. അയിരിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന റേഡിയോ ആക്ടീവതയുള്ള മൂലകങ്ങൾ പൊളോണിയ (polonium) വും റേഡിയ (Radium)വുമാണെന്ന് അവർ കണ്ടെത്തി. അതീവക്ലേശകരമായ തുടർച്ചയായ 'ഫ്രാക്ഷണൽ ക്രിസ്റ്റലൈസേഷനിലൂടെ' വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിൽ റേഡിയം ലവണം വേർതിരിക്കുന്നതിൽ അവർ അവസാനം വിജയിച്ചു.

പ്രകൃതിയിലെ അതിശയങ്ങളിലൊന്നായിരുന്നു ഈ ലവണം! അത് ഇരുട്ടിൽ തിളങ്ങുകയും ചൂട് പുറത്തുവിടുകയും ചെയ്തിരുന്നു. തൊലിപ്പുറത്ത് വ്രണങ്ങളുണ്ടാക്കിയ അത് വിത്തുകളുടെ അങ്കുരണശേഷി നശിപ്പിക്കുകയും ത്വക്കിലെ അർബുദബാധയെ ശമിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തു. ചുറ്റിലുമുള്ള വായുവിനെ വൈദ്യുതീകരിക്കാൻ അതിനു കഴിഞ്ഞിരുന്നു. അതിൽ നിന്നുള്ള വികിരണങ്ങൾക്ക് കട്ടിയുള്ള വസ്തുക്കളിലൂടെ കടന്നുപോവാനാകുമായിരുന്നു.

മേരിക്യൂറി പുതിയ മൂലകങ്ങളുടെ സ്വഭാവസവിശേഷതകളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനം തുടരുകയും 'റേഡിയോ ആക്ടീവത' വിഷയമാക്കിക്കൊണ്ട് 1903ൽ തന്റെ ഡോക്ടറൽ പ്രബന്ധം തയ്യാറാക്കുകയും ചെയ്തു. അതേ വർഷം തന്നെ, അവരും ഭർത്താവ് പിയറിയും ഹെൻറി ബെക്കറലും ചേർന്ന് ഭൗതികശാസ്ത്രത്തിനുള്ള നൊബേൽ സമ്മാനം പങ്കിടുകയും ചെയ്തു. എട്ടുവർഷങ്ങൾക്കുശേഷം, പിയറിയുടെ മരണശേഷം മറ്റൊരു നൊബേൽ സമ്മാനവും മേരിക്യൂറിക്ക് ലഭിച്ചു - രസതന്ത്രത്തിൽ.

യുറേനിയത്തിൽ നിന്നും രണ്ടുതരം വികിരണങ്ങൾ ഉൽസർജിക്കുന്നതായി **ഏണസ്റ്റ് റൂഥർഫോർഡ്** 1899-ൽ കണ്ടെത്തുകയുണ്ടായി. 'ആൽഫാ' α, 'ബീറ്റാ' β കിരണങ്ങൾ. 'ആൽഫാ' കണങ്ങൾ ഹീലിയം അയോണുകളും 'ബീറ്റാ' കിരണങ്ങൾ ഇലക്ട്രോണുകളുമാണെന്നു പിൽക്കാലത്ത് കണ്ടെത്തി. 1900-ൽ, **പോൾ വില്ലാർഡ്** മൂന്നാമതൊരു തരം വികിരണത്തെ കണ്ടെത്തുകയുണ്ടായി. ഇതാണ് 'ഗാമാ' γ കിരണങ്ങൾ. ഇവയ്ക്ക് 'എക്സ്-റേ'യോടു സമാനമായ സ്വഭാവവിശേഷമായിരുന്നു. യുറേനിയത്തിന് മറ്റു വസ്തുക്കളായി മാറാനാവുമെന്നും മനസ്സിലാക്കപ്പെട്ടു.

റേഡിയോ ആക്ടീവതയുള്ള പദാർത്ഥങ്ങൾ, അറ്റോമിക വിഘടനത്തിലൂടെ പുതിയ വസ്തുക്കളുടെ രൂപീകരണത്തിന് കാരണമാവുന്നത് വിശദീകരിക്കുന്ന സിദ്ധാന്തം റൂഥർ ഫോർഡും ഫ്രഡെറിക് സോഡിയും ചേർന്ന് മുന്നോട്ടു വയ്ക്കുകയുണ്ടായി. 1909-ൽ, ഇത് ശരിയാണെന്ന് കണ്ടെത്തുകയും ചെയ്തു.

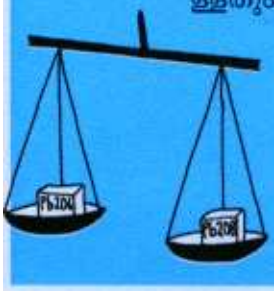
യുറേനിയം-238	റേഡിയം-226	പൊളോണിയം-214
↓α	↓α	↓α
തോറിയം-234	റാഡോൺ-222	ലെഡ്-210
↓β	↓α	↓β
പ്രൊട്ടാക്ടിനിയം-234	പൊളോണിയം-218	ബിസ്മത്ത്-210
↓β	↓α	↓β
യുറേനിയം-234	ലെഡ്-214	പൊളോണിയം-210
↓α	↓β	↓α
തോറിയം-230	ബിസ്മത്ത്-214	**ലെഡ്-206**
↓α	↓β	

ആറ്റത്തിനുള്ളിൽ ഇലക്ട്രോണുകളും പോസിറ്റീവ് ചാർജുള്ള കണങ്ങളും ഏങ്ങനെ അടുക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു എന്നതായിരുന്നു അടുത്തതായി ഉത്തരം തേടപ്പെട്ട ചോദ്യം. അറ്റോമിക ഘടനയെ സൂക്ഷ്മമായി വിശകലനം ചെയ്യുകയായിരുന്നു ഇതിന്റെ ഉദ്ദേശം.

ജെ ജെ തോംസൺ പറഞ്ഞു: "ഒരു പ്ലംപുഡിങ്ങിൽ പ്ലം- പഴങ്ങൾ അടുക്കിവച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ, ഓരോ ആറ്റത്തിലും പോസിറ്റീവ് ചാർജിനിടയിൽ ഇലക്ട്രോണുകൾ വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരിക്കുകയാണ്."

റൂഥർഫോർഡും അദ്ദേഹത്തിന്റെ വിദ്യാർത്ഥികളും ഇനിപ്പറയുന്ന തരത്തിലുള്ള ഒരു പരീക്ഷണം നടത്തുകയുണ്ടായി. വളരെ കനം കുറഞ്ഞ ഒരു സ്വർണത്തകിടിലേക്ക് അവർ റേഡിയത്തിൽനിന്നുമുള്ള ആൽഫാ-കണങ്ങൾ പതിപ്പിച്ചു. അതിനു ശേഷം, ആൽഫാകണങ്ങളുടെ സഞ്ചാരപാത വ്യക്തമായി നിരീക്ഷണവിധേയമാക്കി. ഭൂരിഭാഗം ആൽഫാകിരണങ്ങളും സ്വർണത്തകിടിലൂടെ കടന്നുപോയെങ്കിലും, ഉയർന്ന ഊർജാവസ്ഥയിലായിരുന്ന ചില കണങ്ങൾ, എന്തിലോ ചെന്നിടിച്ചപോലെ തട്ടിത്തെറിക്കുന്നതായി നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ടു. വ്യക്തമായ കോണളവുകൾ സൃഷ്ടിച്ചുകൊണ്ടായിരുന്നു ഈ തട്ടിത്തെറിക്കൽ. ഇതിനുള്ള വിശദീകരണം ഒരു സിദ്ധാന്തമായി റൂഥർഫോർഡ് **1911**ൽ മുന്നോട്ടുവയ്ക്കുകയുണ്ടായി.

"ആറ്റത്തിനുള്ളിൽ ഭാരമേറിയതും താരതമ്യേന ചെറുതുമായ ഒരു ന്യൂക്ലിയസ്സുണ്ട്. ഇതിനുള്ളിലാണ് പോസിറ്റീവ് ചാർജുള്ള കണങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നത്. ഈ കണങ്ങൾക്ക് തുല്യമായ എണ്ണത്തിലുള്ളതും നെഗറ്റീവ് ചാർജുള്ളതുമായ ഇല്ക്ട്രോണുകൾ ഇതിനു ചുറ്റിലുമായി ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു."



ന്യൂക്ലിയസിന്റെ ചാർജ് അതിലെ ഇല്ക്ട്രോണുകളുടെ എണ്ണത്തിന് തുല്യവും വിപരീത ചാർജും ആയിരിക്കും. ഇതിന് **അറ്റോമിക സംഖ്യ** എന്ന പേരാണ് നല്കപ്പെട്ടത്. റേഡിയോ ആക്ടീവത പഠനവിധേയമാക്കുന്നതിനിടയിൽ യുറേനിയത്തിന്റെ 'അണുവിഘടനശ്രേണി'യുടെ അവസാനത്തിലുള്ള ലെഡിന്റെ അറ്റോമിക ഭാരം 206 ആയും, തോറിയത്തിൽ നിന്നുള്ളതിന്റെ അറ്റോമിക ഭാരം 208- ആയും കണ്ടെത്തപ്പെട്ടു.

ഫ്രഡറിക് സോഡിയുടെ ബഹുമാനാർത്ഥം പുറത്തിറക്കിയ സ്വീഡിഷ് സ്റ്റാമ്പ്

"ഒരു മൂലകത്തിന്റെ അറ്റോമിക സംഖ്യയാണ് അറ്റോമിക ഭാരത്തെക്കാൾ അതിന്റെ മൗലിക സ്വഭാവങ്ങൾ കൂടുതലായി വെളിപ്പെടുത്തുന്നത്. ഒരേ അറ്റോമിക സംഖ്യയും വ്യത്യസ്ത അറ്റോമിക ഭാരവുമുള്ള മൂലകങ്ങൾ **ഐസോടോപ്പുകൾ** എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. ആവർത്തനപ്പട്ടികയിൽ അവ ഒരേ സ്ഥാനം ഉൾക്കൊള്ളുന്നതാണ് ഇതിനു കാരണം. ഗ്രീക്ക് ഭാഷയിൽ ഐസോടോപ്പ് എന്നാൽ "ഒരേയിടത്ത് " എന്നാണർത്ഥം.

1921-ൽ **സോഡിക്ക്** രസതന്ത്രത്തിൽ നൊബേൽ സമ്മാനം ലഭിച്ചു. ശാസ്ത്രചിന്തകളെ രാഷ്ട്രീയ-സാമ്പത്തിക ശക്തികൾ അടക്കിഭരിക്കുന്നതിൽ അദ്ദേഹം 'അസന്തുഷ്ടനായിരുന്നു. ഇതുകാരണം അദ്ദേഹത്തിന്റെ ശ്രദ്ധ ധനത്തത്വശാസ്ത്രത്തിലേക്കു വ്യാപരിക്കുകയുണ്ടായി. പണവും സമൂഹവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധത്തെപ്പറ്റിയുള്ള അദ്ദേഹത്തിന്റെ ചിന്തകളും ആശയങ്ങളും ആധുനിക ധനതത്ത്വശാസ്ത്രത്തെ അതിന്റെ പരമ്പരാഗത പാതകളിൽനിന്നും വേർപെടുത്തുകയുണ്ടായി.

നമുക്ക് ആറ്റത്തിന്റെ ഘടനയിലേക്ക് തിരിച്ചുവരാം:

ഒരു ചെറിയ സൗരയൂഥം പോലെയായിരുന്നു റുഥർഫോർഡിന്റെ ആറ്റം മാതൃക. പക്ഷേ, വേഗത്തിൽ ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ചാർജിതകണങ്ങളായ ഇല്ക്ട്രോണുകൾ, വികിരണങ്ങൾ പുറത്തുവിടുന്നതിനാൽ, അവസാനം അവ ഊർജം നഷ്ടപ്പെട്ട് ന്യൂക്ലിയസ്സിൽ പതിക്കുകയാവും ഫലം. ഇതു കാരണം ആറ്റം അസ്ഥിരമാകേണ്ടതാണല്ലോ. ഇതായിരുന്നു റുഥർഫോർഡ് ആറ്റം മാതൃകയുടെ ന്യൂനത.

കോപെൻഹേഗിലെ നീൽസ്ബോർ (Niels Bohr, 1885-1962) ആയിരുന്നു ഈ പ്രശ്നത്തിന് പരിഹാരം കണ്ടത്. ഊർജത്തിന്റെ ക്വാണ്ടരൂപം (quantization) എന്ന മാക്സ് പ്ലാങ്കി (Max Plank) ന്റെ ആശയം ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ടാണ് നീൽസ് ബോർ ഇത് സാധിച്ചത്.

1913

"ഹലോ, ഞാനൊരു "നീൽസ് ബോർ പാവ" യാണ്. ഒന്ന് മറ്റൊന്നിനെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന തരത്തിലുള്ള പുറന്തോടുകൾകൊണ്ടാണ് ഞാൻ നിർമിക്കപ്പെട്ടിരുന്നത്. നീൽസ് ആളൊരു ബുദ്ധിമാനായിരുന്നു കേട്ടോ. ഇലക്ട്രോണുകൾ ന്യൂക്ലിയസിനെ ചുറ്റി സഞ്ചരിക്കുന്നത് നിശ്ചിതമായ ഊർജനിലകളിലുള്ള കോണീയ സംവേഗങ്ങ (Quantized Angular Momentum) ളോടെയാണെന്നും ഇത് (orbits) അഥവാ ഷെല്ലുകളിലൂടെ (Shells) മാത്രമേ സാധ്യമാവുകയുള്ളു എന്നും അദ്ദേഹം പറഞ്ഞു. അങ്ങനെയുള്ള സഞ്ചാരപഥത്തിലൂടെ ചലിക്കുമ്പോൾ ഇലക്ട്രോണുകൾ വികിരണോർജം പുറത്തുവിട്ടില്ല. ഊർജം ഉത്സർജിച്ചുകൊണ്ടോ സ്വീകരിച്ചുകൊണ്ടോ ഇലക്ട്രോണുകൾക്ക് ഒരു സഞ്ചാരപഥത്തിൽ നിന്നും മറ്റൊന്നിലേക്ക് മാറാനാവും. ഇതിൽ ഏറ്റവും പുറമേയുള്ള സഞ്ചാരപഥം അഥവാ 'ഷെല്ലാ'ണ് മൂലകങ്ങളുടെ രാസപരമായ സ്വഭാവങ്ങളെ നിർണയിക്കുന്നത്."

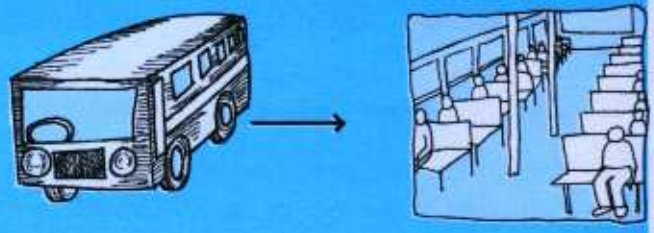
ആറ്റങ്ങളുടെ ചില സവിശേഷ സ്വഭാവങ്ങളെ വിശദമാക്കാൻ ബോറിന്റെ മാതൃകയ്ക്ക് കഴിഞ്ഞു. ഇതിലൊന്നായിരുന്നു അറ്റോമിക സ്പെക്ട്രം.

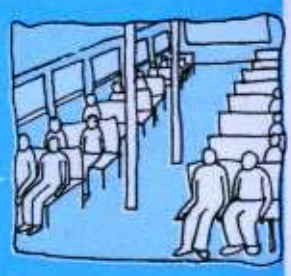
1916 ജി എൻ ലൂയിസ് (G N Lewis, 1875-1946), വാൾത്തർകോസെൽ (Walther kossel, 1888-1956) എന്നിവർ, ബോർ മാതൃക ഉപയോഗിച്ചു കൊണ്ട് രാസബന്ധനാസക്തിയെ ഇനിപ്പറയുന്ന തരത്തിൽ വിശദീകരിക്കുകയുണ്ടായി.

'ബാഹ്യതമ ഷെല്ലിലെ ഇലക്ട്രോണുകളെ നഷ്ടപ്പെടുകയോ നേടുകയോ ചെയ്യുന്നതിലൂടെ 'അഷ്ടകസ്ഥിരത' കൈവരിക്കുകയും അതിലൂടെ ചാർജുള്ളവയായി മാറുകയുമാണ് അകാർബണിക അയോണുകൾ ചെയ്യുന്നത്. അത്തരം അയോണുകൾ വിദ്യുത്സ്ഥിതികബലത്താൽ തമ്മിൽ ചേരുന്നതിലൂടെയാണ് 'പോളാർ' സംയുക്തങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നത്. ഇവയിലുള്ള രാസബന്ധനം അയോണിക ബന്ധനം എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. അതേസമയം, കാർബണികസംയുക്തങ്ങൾ 'പോളാർ' രഹിത സ്വഭാവത്തോടുകൂടിയവയാണ്. ഇലക്ട്രോണുകളെ പരസ്പരം പങ്കു വെച്ചു കൊണ്ടുള്ള 'സഹസംയോജക ബന്ധന' (COVALENT BOND) മാണ് ഇവയിൽ നിലനില്ക്കുന്നത്.

1925 വുൾഫ്ഗാങ് പോളി (Wolfgang Pauli, 1900-1958) യുടെ അഭിപ്രായത്തിൽ നിശ്ചിത 'ഊർജനില' അഥവാ 'ഓർബിറ്റലി' (Orbital) നു രണ്ടേ രണ്ടു ഇലക്ട്രോണുകളെ മാത്രമേ ഉൾക്കൊള്ളാനാവുകയുള്ളൂ. ഇത് 'പോളിയുടെ എക്സ്ക്ലൂഷൻ നിയമം' (Paulis Exclusion Principle) എന്ന പേരിലാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. അതുകൊണ്ട് ഇലക്ട്രോണുകൾക്കെല്ലാം ഏറ്റവും താണ ഊർജനിലയിലേക്കെത്തുക സാധ്യമല്ല. വിവിധ ഊർജനിലകളിലുള്ള ഇലക്ട്രോണുകളുടെ വിന്യാസത്തെ മൂലകങ്ങളുടെ ആവർത്തനപ്പട്ടികയുമായും ബന്ധിപ്പിക്കാൻ കഴിയുമെന്ന് അദ്ദേഹം പ്രസ്താവിക്കുകയുണ്ടായി.

ഒരു ഒഴിഞ്ഞ ബസ്സിലേക്ക് കടക്കുന്ന യാത്രക്കാർ അവരവർക്കുള്ള ഇരിപ്പിടങ്ങൾ കണ്ടെത്തുന്നതിനു സമാനമാണ് ഇലക്ട്രോണുകൾ ഊർജനിലകളിലേക്ക് സ്വയം അവരോധിക്കപ്പെടുന്നത്. ജനാലയ്ക്കടുത്തുള്ള ഇരിപ്പിടങ്ങളായിരിക്കും ആദ്യം നിറയുന്നത്. അതും മുന്നിൽനിന്ന് പുറകിലേക്ക് എന്ന ക്രമത്തിൽ അവ നിറഞ്ഞതിനുശേഷമായിരിക്കും തൊട്ടടുത്തുള്ള സീറ്റ് ആൾക്കാർ തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നത്. ഇങ്ങനെ ജോടികളാവുന്നതും മുന്നിൽ നിന്നും പുറകിലേക്ക് എന്ന ക്രമത്തിലായിരിക്കും. ഇതുപോലെ, ആദ്യം എല്ലാ ഊർജനിലകളും ഒറ്റയ്ക്കൊറ്റയ്ക്കായി ഇലക്ട്രോണുകൾ കൊണ്ട് നിറയുകയും ഊർജാവസ്ഥയിലേക്കെത്തിയതിനു ശേഷം ജോടികളായി നിറയാൻ തുടങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു.

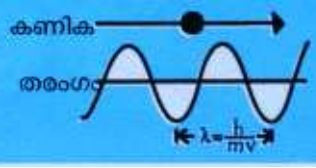




1924 തരംഗങ്ങൾക്ക് കണികാസ്വഭാവം ഉള്ളതുപോലെ, പദാർത്ഥ കണങ്ങൾ തരംഗസ്വഭാവവും പ്രകടിപ്പിക്കുന്നതായി ലൂയി ഡീ ബ്രോഗ്ളി (Louis de Broglie, 1892-1987) അഭിപ്രായപ്പെട്ടു.

മാസ് = m പ്രവേഗം = v

h = പ്ലാങ്ക് സ്ഥിരാങ്കം



1925 ഇലക്ട്രോണുകൾ, ആറ്റങ്ങൾ എന്നിവയുടെ സ്വഭാവവും തന്മാത്രകളിലെ അറ്റോമിക ബന്ധവും വിശദീകരിക്കുന്നതിനായി **എർവിൻ-ഷ്റോഡിങ്ങർ** (Erwin Schrodinger, 1887-1961), **വെർണർ ഹെയ്സൻബെർഗ്** (Werner Heisenberg, 1901-1976) എന്നിവർ അവരുടേതായ വിശദീകരണങ്ങൾ സ്വതന്ത്രമായി നടത്തുകയും പൊതുവായ ഒരു 'ക്വാണ്ടം സിദ്ധാന്ത'ത്തിന് രൂപം നല്കുകയും ചെയ്തു.

ഹെയ്സെൻബെർഗിന്റെ സമവാക്യരൂപീകരണം മെട്രിക്സ് ബീജഗണിതത്തെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തിയാണെങ്കിലും അത് തരംഗ ബലതന്ത്രത്തിനു സമാനമായിരുന്നു.

ആറ്റങ്ങളുടേയും തന്മാത്രകളുടേയും സ്വഭാവം **വേവ്ഫങ്ഷൻ** എന്നതിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി വിശദീകരിക്കാനാവും. ഇത് ഗണിതപരമായി നിർണയിക്കാൻ കഴിയും. ഇതിലൂടെ ഒരു വ്യൂഹത്തെ പൂർണമായും നിർവചിക്കാനാവും.

ഷ്റോഡിങ്ങറുടെ ചിത്രമുള്ള ആയിരം ഷില്ലിങ്ങിന്റെ പഴയ ഓസ്ട്രിയൻ നോട്ട്

1926

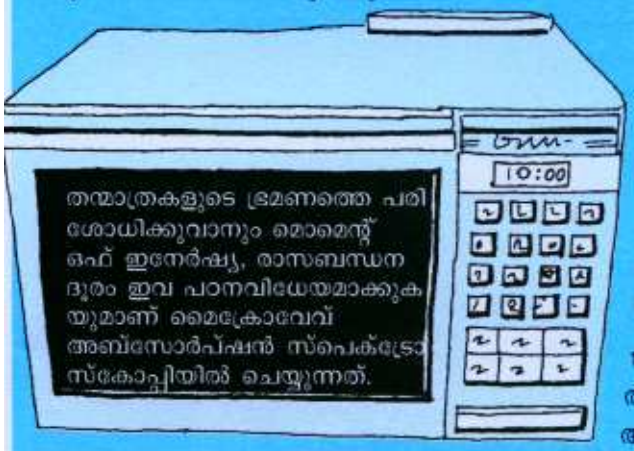
ഒരു പദാർത്ഥ കണത്തിന്റെ 'വേവ് ഫങ്ഷ'ന്റെ ഭൗതിക വിശദീകരണം ഇതാണ്. ഏതെങ്കിലും ഒരു ബിന്ദുവിൽ അത് കാണുവാനുള്ള സംഭാവ്യത അതിന്റെ വേവ് ഫങ്ഷന്റെ വർഗമായിരിക്കും.

കഴിഞ്ഞ ഏതാനും പേജുകളിലായി, 'ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്ര'ത്തിന്റെ രൂപീകരണം സംബന്ധിച്ചാണ് നാം ചർച്ച ചെയ്തത്.

ഇന്ന് നമ്മൾ രസതന്ത്രത്തെ മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് ആത്യന്തികമായി അടിസ്ഥാനമാക്കുന്നത് **ക്വാണ്ടം മെക്കാനിക്സ്** സിദ്ധാന്തത്തെയാണ്. ആവർത്തനപ്പട്ടികയുടെ ഘടന, തന്മാത്രാഘടന, രാസബന്ധനം, പ്രതിപ്രവർത്തനശേഷി, സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പി തുടങ്ങിയവയുടെ വിശദീകരണം ഇത് സാധ്യമാക്കി. രസതന്ത്രത്തിലെ വിവിധ ശാഖകളെ ഒന്നിപ്പിക്കാനും ഇതിനു കഴിഞ്ഞു.

ക്ലാസിക്കൽ മെക്കാനിക്സിൽ ന്യൂട്ടന്റെ നിയമങ്ങൾ പോലെ ക്വാണ്ടം മെക്കാനിക്സിനും അതിന്റേതായ സൈദ്ധാന്തിക അടിത്തറയുണ്ട്. അതേസമയം ക്ലാസിക്കൽ മെക്കാനിക്സിലെ നിയമങ്ങളെക്കാൾ വസ്തുനിഷ്ഠമാണ് ക്വാണ്ടം മെക്കാനിക്സിലെ സമീപനങ്ങൾ. നിരീക്ഷണങ്ങളെ പ്രവചിക്കാനും വിശദീകരിക്കാനും എത്രത്തോളം കഴിയുന്നു എന്നതിലാണ് ഒരു സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ വിജയം.

1930 ഒരു വ്യൂഹത്തിലെ തന്മാത്രകളുടെ ഘടനയും ഗുണവിശേഷങ്ങളും മനസ്സിലാക്കാൻ ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രത്തിലൂടെ രസതന്ത്രത്തിന് സാധിച്ചു. 'ക്വാണ്ടം രസതന്ത്രം' എന്ന് ഇതറിയപ്പെടുന്നു. ഇതിന്റെ ആദ്യകാല പ്രയോക്താക്കളിലൊരാളായിരുന്നു **ലിനസ് പോളിങ്** (1901-1994). 'വാലെൻസ്-ബോണ്ട്' എന്ന ആശയത്തിലൂടെ ഇത് വിശദീകരിക്കാൻ ശ്രമിച്ചു. *ദ നേച്ചർ ഓഫ് ദ കെമിക്കൽ ബോണ്ട്* എന്ന പുസ്തകം അക്കാലത്ത് ഏറ്റവു മധികം ചർച്ച ചെയ്യപ്പെട്ട ഒന്നായിരുന്നു. ഇതിനു ബദലായിരുന്നു **ഫ്രെഡറിക് ഹണ്ട്** (1896-1997), **റോബർട്ട് മുല്ലികെൻ** (1896-1986) എന്നിവരുടേതായി പുറത്തുവന്ന തന്മാത്രാതല-ഓർബിറ്റൽ സമീപനം. പക്ഷെ, പരസ്പരപൂരകങ്ങളായിരുന്നു ഇവ. **1930**-കളിൽ **ഡഗ്ലസ് ഹാർട്രീ** (1897-1958), **വ്ലാദമിർ ഫോക്ക്** (1898-1974) എന്നിവർ തന്മാത്രയുടെ "വേവ് ഫങ്ഷൻ" കണക്കാക്കുന്നതിനായി ഒരു മാർഗം കണ്ടെത്തുകയുണ്ടായി.



ആറ്റങ്ങളേയോ തന്മാത്രകളേയോ മൈക്രോസ്കോപ്പിലൂടെ നേരിട്ട് കാണുക സാധ്യമല്ല. പദാർത്ഥങ്ങളുടെ ഘടനയും ഗുണവിശേഷങ്ങളും തന്മാത്രാതലത്തിൽ വിവേചിച്ചറിയുന്നതിനായി അവയിലെ ആറ്റങ്ങളും തന്മാത്രകളും, പ്രകാശമടക്കമുള്ള വൈദ്യുതകാന്തിക തരംഗങ്ങളുമായി എങ്ങനെ പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുന്നു എന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചാണിരിക്കുന്നത്. ഇതിലൂടെ ഉരുത്തിരിഞ്ഞുവന്ന പഠനശാഖയാണ് **സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പി.**

1859 ൽ, ഒരു ജ്വാലയിലെ സോഡിയത്തിന്റേയും പൊട്ടാസ്യത്തിന്റേയും ആദ്യ സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പിക് വിശകലനം സാധ്യമായതിനുശേഷം, വിവിധതരം സ്പെക്ട്രോസ്കോപിക് നിരീക്ഷണ രീതികൾ കണ്ടെത്തപ്പെട്ടു. വൈദ്യുതകാന്തിക സ്പ്ക്ട്രത്തിലെ വിവിധ ആവൃത്തിയിലുള്ള പ്രകാശമടക്കമുള്ള ഘടകങ്ങളെ ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ടായിരുന്നു ഇത്.

ചന്ദ്രശേഖര വെങ്കിട്ടരാമൻ (1888-1970) ന്റെ രാമൻ പ്രഭാവത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കുന്ന രാമൻ സ്പ്ക്ട്രോസ്കോപ്പി തന്മാത്രകളുടെ കമ്പനം, ഭ്രമണം എന്നിവയെക്കുറിച്ച് പഠിക്കാൻ പ്രയോജനപ്പെട്ടു. കമ്പന സ്വഭാവത്തെ വിശകലനം ചെയ്യുന്നതിലൂടെ രാസബന്ധനങ്ങളുടെ ഉറപ്പും ബലവും എത്രത്തോളമാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയും.

ഒരു തന്മാത്രയിലെ ആറ്റത്തിന്റെ ചുറ്റുപാടിനെക്കുറിച്ചും അതിനടുത്തുള്ള ആറ്റങ്ങളുടെ ക്രമീകരണത്തെക്കുറിച്ചുമുള്ള വിവരങ്ങൾ നല്കാൻ കഴിയുന്നതരം സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പിയാണ് 'ന്യൂക്ലിയർ മാഗ്നറ്റിക് റെസൊണൻസ്' (NMR).

അടിസ്ഥാനരസതന്ത്രത്തെ തന്മാത്രാതലത്തിൽ മനസ്സിലാക്കാൻ സഹായിക്കുക മാത്രമല്ല സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പിയുടെ ലക്ഷ്യം. ശാസ്ത്രജ്ഞരെ പുതിയ ഉത്പന്നങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കാനും തങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്ന ഉത്പന്നങ്ങളുടെ ഘടന മനസ്സിലാക്കാൻ സഹായിക്കുകയും ചെയ്തു.

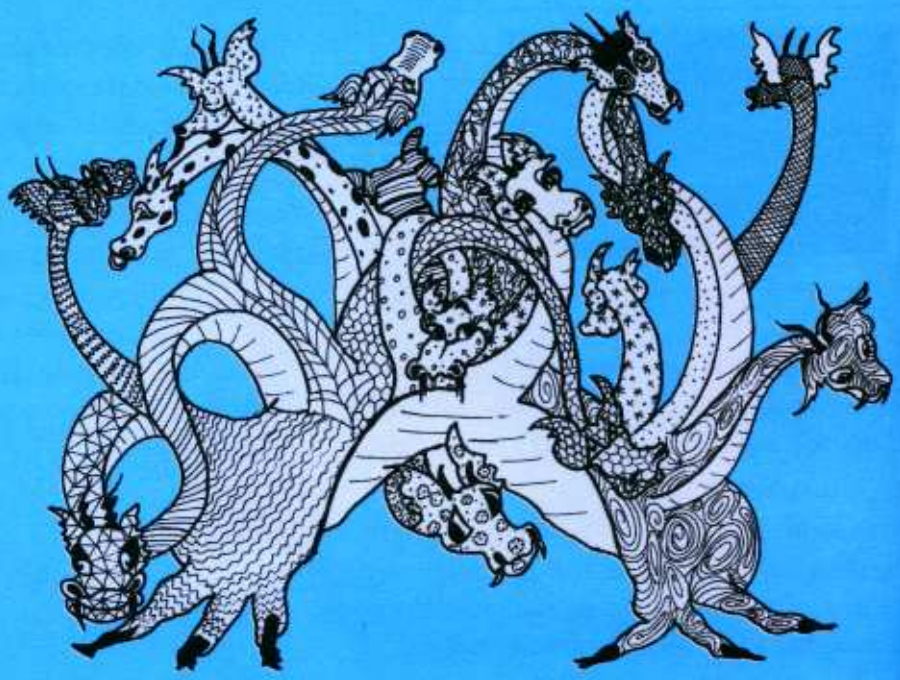
ഔഷധ നിർമാണ രംഗത്തും പെട്രോളിയം തുടങ്ങി മറ്റ് ഉപഭോക്തൃ ഉൽപ്പന്ന മേഖലകളിലും പ്രവർത്തിക്കുന്ന രസതന്ത്രജ്ഞർ, തങ്ങളുടെ ഉൽപ്പന്നങ്ങളുടെ ഗുണമേന്മ ഉറപ്പു വരുത്തുന്നതിനായി സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പിയെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നുണ്ട്.

ആരോഗ്യമേഖലയിലും സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പി സങ്കേതങ്ങൾ വ്യാപകമായി പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നുണ്ട്. ഉദാഹരണമായി 'ന്യൂക്ലിയാർ മാഗ്നെറ്റിക് റെസൊണൻസ്' സങ്കേതമനുസരിച്ച് പ്രവർത്തിക്കുന്ന 'മാഗ്നെറ്റിക് റെസൊണൻസ് ഇമേജിങ്' (Magnetic Resonance Imaging) തലച്ചോറിലെ അർബുദ വളർച്ചകൾ കണ്ടെത്താനായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. തലച്ചോറിന്റെ പ്രവർത്തനം പഠിക്കാനും ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഇതിനെ ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ട്.

ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ തുടക്കത്തിൽ, ഭൗതികശാസ്ത്രവും രസതന്ത്രവും പരസ്പരം ഒത്തുചേർന്ന് വികാസം പ്രാപിക്കുകയാണുണ്ടായതെന്ന് നാം കണ്ടു. രസതന്ത്രം അതിന്റെ അതിർത്തികൾ ഭേദിച്ച് ഭൗതികശാസ്ത്രമല്ലാതെയുള്ള മറ്റു പദാർത്ഥവിജ്ഞാന ശാഖകളിലേക്കും ജീവശാസ്ത്രത്തിലേക്ക് സവിശേഷമായും കടന്നുചെല്ലുകയുണ്ടായി. ഈ പ്രവണത ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിലുടനീളം തുടരുകയുമുണ്ടായി.

കഴിഞ്ഞ ഏതാനും വർഷങ്ങളിലായി, രസതന്ത്രഗവേഷണമേഖല അഭൂതപൂർവമായ വൈവിധ്യവും വളർച്ചയും കൈവരിക്കുകയുണ്ടായി. വൈപുല്യമാർന്ന ആ വികാസത്തെക്കുറിച്ചാണ് ഇനിയുള്ള ഏതാനും പേജുകളിലായി നമ്മൾ ചർച്ച ചെയ്യുന്നത്.

"എന്നെ ഓർക്കുന്നില്ലേ? 19-ാം നൂറ്റാണ്ടിന്റെ തുടക്കത്തിൽ നിങ്ങൾ കണ്ട രസതന്ത്ര സത്വമാണ് ഞാൻ. ഈ ഒരു നൂറ്റാണ്ടിനിടയ്ക്ക് കൂടുതൽ തലകൾ രൂപീകരിച്ച് കൂടുതൽ സങ്കീർണമായ ഇന്നത്തെ രസതന്ത്രം പരസ്പരബന്ധിതമായ അനവധി മേഖലകളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതിലാണിത്."



20-ാം നൂറ്റാണ്ടോടെ, യുറേനിയത്തെക്കാൾ ഭാരമുള്ള അനേകം പുതിയ മൂലകങ്ങൾ ആവർത്തനപ്പട്ടികയിൽ കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെട്ടു. ഭൂമിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന മൂലകങ്ങളിൽ ഏറ്റവും ഉയർന്ന അറ്റോമിക സംഖ്യ (92) യുറേനിയത്തിനാണ്. **ഐറീൻ, ഫ്രെഡറിക് ജോലിയോറ്റ്-ക്യൂറി** എന്നിവർ ചേർന്ന് 1934-ൽ കൃത്രിമ റേഡിയോ ആക്ടീവത കണ്ടെത്തിയതിനുശേഷമാണ് യുറേനിയത്തെക്കാൾ ഭാരമുള്ള മൂലകങ്ങൾ കൃത്രിമമായി നിർമിക്കാനുള്ള ശ്രമം ആരംഭിച്ചത്. അവർ ഭാരം കുറഞ്ഞ മൂലകങ്ങൾക്കുമേലെ ആൽഫാകണങ്ങൾ ഇടിപ്പിച്ചുകൊണ്ട്, പ്രകൃതിയിൽ സ്വാഭാവികമായി കാണപ്പെടാത്ത മൂലകങ്ങൾ സൃഷ്ടിച്ചു. അറിയപ്പെടുന്ന മൂലകങ്ങളുടെ 'ഐസോടോപ്പു' കളായിരുന്നു അവ. ഇങ്ങനെ അനേകം 'ട്രാൻസുറാനിക്' മൂലകങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടു. 1939-ൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ട നെപ്റ്റ്യൂണിയം ആയിരുന്നു ഇത്തരത്തിൽ നിർമിക്കപ്പെട്ട ആദ്യമൂലകം- (93-ാം മൂലകം).

1941 കഴിഞ്ഞയുടനെയുള്ള കാലത്ത് **ഗ്ലെൻ സീബോർഗും** (1912-1999) അദ്ദേഹത്തിന്റെ സഹായികളും ചേർന്ന് 'പ്ലൂട്ടോണിയം' എന്ന 94-ാമത്തെ മൂലകം സൃഷ്ടിക്കുകയുണ്ടായി, അതുമാത്രമല്ല, ഒൻപത് പുതിയ 'ട്രാൻസുറാനിക്' മൂലകങ്ങൾ കണ്ടെത്താനുള്ള ശ്രമങ്ങൾക്കും അവർ തുടക്കമിട്ടു. 1997-ൽ അവസാനമായി കണ്ടെത്തിയ 'സീബോർഗിയം' (Seaborgium) ആയിരുന്നു 106-ാമത്തെ മൂലകം. 2006-ൽ, 118-ാമത്തെ മൂലകവും സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടു. 'യുൻയുനോക്ടിയം' (Ununoctium) എന്ന താൽക്കാലിക നാമത്തിലാണ് അത് ആദ്യം അറിയപ്പെട്ടത്.

ലിനസും അവാ ഹെലൻപോളിങ്ങും ആണവ പരീക്ഷണങ്ങൾ നിറുത്തിവയ്ക്കണമെന്ന് ആവശ്യപ്പെട്ടുകൊണ്ടുള്ള ശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ ഒപ്പിട്ട പ്രമേയം ശേഖരിക്കുന്നു.

ജീവന്റെ രസതന്ത്രം മനസ്സിലാക്കാനുള്ള ശ്രമങ്ങൾക്ക് ഇരുപതാം നൂറ്റാണ്ടിൽ കൂടുതൽ വേഗമാർജിക്കുകയുണ്ടായി.

ഒരു ബഹുമുഖ പ്രതിഭയായിരുന്നു, ക്വാണ്ടം രസതന്ത്രത്തിന്റെ തുടക്കക്കാരനെന്ന നിലയിൽ നാം പരിചയപ്പെട്ട **ലിനസ് പോളിങ്**. പ്രോട്ടീനുകളുടെ അടിസ്ഥാന നിർമാണഘടകങ്ങളായ അമിനോ അമ്ലങ്ങളെക്കുറിച്ച് പഠിച്ച അദ്ദേഹം, 1940-കളുടെ അവസാനത്തോടെ അനവധി പ്രോട്ടീനുകളുടെ അടിസ്ഥാന ഘടന പഠനവിധേയമാക്കി. 'ആൽഫാ-ഹെലിക്സ്' എന്ന സവിശേഷരൂപഘടനയുള്ളവയായിരുന്നു ഈ പ്രോട്ടീനുകൾ. 1954-ൽ, രസതന്ത്രത്തിനുള്ള നൊബേൽ സമ്മാനം അദ്ദേഹത്തെ തേടിയെത്തി.

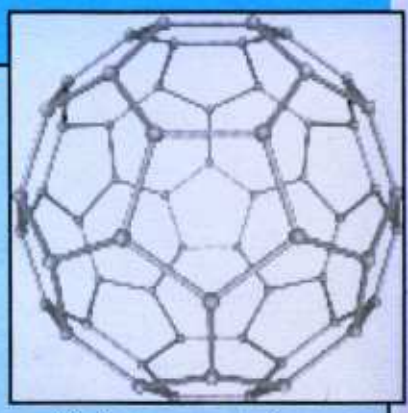
ഒരു സമാധാന പ്രവർത്തകനുമായിരുന്നു പോളിങ്. 1958-ൽ, ഇനിയുള്ള ആണവ പരീക്ഷണങ്ങൾ നിറുത്തിവയ്ക്കണമെന്ന് ആവശ്യപ്പെട്ടുകൊണ്ട് വിവിധ രാജ്യങ്ങളിൽ നിന്നുമുള്ള 11,000 ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഒപ്പിട്ട ഒരു പ്രമേയം അദ്ദേഹം ഐക്യരാഷ്ട്ര സംഘടനയ്ക്ക് സമർപ്പിക്കുകയുണ്ടായി. അമേരിക്കയും ബ്രിട്ടനും സോവിയറ്റ് യൂണിയനുമടങ്ങുന്ന മൂന്നു പ്രബല ആണവശക്തികൾ പിൽക്കാലത്ത് ഇതു സംബന്ധിച്ച ഒരു ഉടമ്പടിയിൽ ഒപ്പുവച്ചപ്പോൾ അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രയത്നം സഫലമാവുകയും ചെയ്തു. അദ്ദേഹത്തിനു ലഭിച്ച രണ്ടാമത്തെ നൊബേൽ സമ്മാനം സമാധാനത്തിനുള്ളതായിരുന്നു- 1962-ൽ.

'ഡിഎൻഎ' അഥവാ 'ഡീ ഓക്സി റൈബോന്യൂക്ലിക് ആസിഡ്' എന്ന പോളിമെറിലൂടെയാണ് ഒരു ജീവിയിൽ നിന്നുള്ള ജനിതകവിവരങ്ങൾ വരും തലമുറകളിലേക്ക് പ്രേഷണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. മറ്റൊരു ന്യൂക്ലിക് ആസിഡായ 'റൈബോ ന്യൂക്ലിക് ആസിഡി' (RNA) നോടൊപ്പം ചേർന്ന് വിവിധതരം പ്രോട്ടീനുകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിലൂടെ കോശത്തിന്റെ വിവിധ ജീവൽ പ്രവർത്തനങ്ങൾ സാധ്യമാക്കുകയും അതിന്റെ ധർമമാണ്. എക്സ്-റേ ക്രിസ്റ്റലോഗ്രാഫി പഠനങ്ങളിലൂടെയും ഡി എൻ എ യുടെ രാസഘടകങ്ങൾ ഏതെന്ന് മനസ്സിലാക്കുന്നതിലൂടെയും 1953ൽ, അതിന്റെ ഘടന അനാവരണം ചെയ്യപ്പെടുകയുണ്ടായി. ജെയിംസ് വാട്സൺ (1928-) ഫ്രാൻസിസ് ക്രിക്ക് (1916-2004), മൗറിസ് വിൽക്കിൻസ് (1916-2004), റോസലിൻഡ് ഫ്രാങ്ക്ളിൻ (1920-1958) എന്നിവരായിരുന്നു ഈ നേട്ടത്തിനു പിന്നിൽ.

ആരോഗ്യമേഖലയിൽ അതിനുള്ള സാധ്യതകൾ കണ്ടറിഞ്ഞതിലൂടെ, രസതന്ത്രജ്ഞരിലെ ഒരു വലിയ പക്ഷത്തെ ഡി എൻ എ, പ്രോട്ടീനുകൾ, മറ്റു ജൈവ തന്മാത്രകൾ എന്നിവയുടെ പഠനത്തിലേക്ക് ആകർഷിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്.

ഡി എൻ എ യുടെ ഘടന സൂചിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് ഫ്രാൻസിസ് ക്രിക്ക് 1953-ൽ വരച്ച രേഖാ ചിത്രം.

പ്രകൃതിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന അനവധി ജൈവതന്മാത്രകളെ പരീക്ഷണശാലയിൽ പുനഃസൃഷ്ടിക്കാൻ ശാസ്ത്രജ്ഞർക്ക് കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. അതിൽ ഏറ്റവും സങ്കീർണ ഘടനയുള്ളതാണ് ജീവകം B_{12}. **റോബർട്ട് ബേൺസ് വുഡ്‌വേഡും** (1917-1979) **ആൽബെർട്ട് ഏസ്ചെൻമോസറും** (1925-) നൂറോളം വരുന്ന വിദ്യാർത്ഥികളും ഗവേഷണ വിദ്യാർത്ഥികളും ചേർന്ന് നടത്തിയ അനേകവർഷത്തെ പരിശ്രമഫലമായാണ് ഇത് സൃഷ്ടിക്കപ്പെട്ടത്. നൂറോളം ഘട്ടങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നതായിരുന്നു ജീവകം B_{12}ന്റെ നിർമാണ പ്രക്രിയ. 1971-ൽ പൂർത്തീകരിക്കപ്പെട്ട ഈ ഗവേഷണ പദ്ധതി കാർബണിക രസതന്ത്രത്തിന്റെ ചരിത്രത്തിലെ ഒരു നാഴികക്കല്ലായാണ് കണക്കാക്കപ്പെടുന്നത്. 1985-ൽ **റോബെർട്ട് കേൾ** (1933-), **ഹറോൾഡ് ക്രോട്ടോ** (1939-) **റിച്ചാർഡ് സ്മാലി** (1943-) എന്നിവർ ചേർന്ന് ഒരു പുതിയതരം കാർബണിനെ കണ്ടെത്തിയിരുന്നു. ഒരു ഫുട്ബോൾ പന്തിന്റെ രൂപത്തിൽ 60 കാർബൺ ആറ്റങ്ങൾ ചേർന്ന് രൂപപ്പെടുന്ന ഒരു സുസ്ഥിര തന്മാത്രാഘടനയായിരുന്നു ഇതിനുണ്ടായിരുന്നത്. ബക്മിൻസ്റ്റർ ഫുള്ളർ എന്ന വാസ്തുവിദ്യാ വിദഗ്ദ്ധൻ കണ്ടെത്തിയ 'ജിയോഡെസിക് മകുടം' ത്തിന്റെ ആകൃതിയാണ് ഇതിനുണ്ടായിരുന്നത്. അതിനാൽ പുതുതായി കണ്ടെത്തിയ കാർബൺ രൂപത്തിന് അവർ 'ബക്മിൻസ്റ്റർഫുള്ളെറീൻ' എന്ന് പേരിട്ടു. കണ്ടെത്തിയ നാൾ മുതൽ ഗവേഷകർ ഇവയെക്കുറിച്ച് ആഴത്തിൽ മനസ്സിലാക്കുവാനായി ശ്രമിച്ചുവരുകയാണ്.



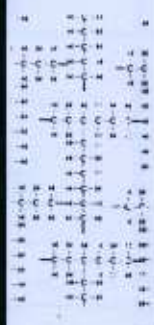
ബക്മിൻസ്റ്റർ ഫുള്ളറീന്റെ ഘടന

ജേർഡ് ബിന്നിഗ് (1947-), **ഹെയ്ൻറിച് റോറെർ** (1933-) എന്നിവർ ചേർന്ന് 1981 ൽ കണ്ടെത്തിയ 'സ്കാനിങ് ടണലിങ് മൈക്രോസ്കോപ്പ്' ശാസ്ത്രീയ നിരീക്ഷണോപാധികളുടെ ചരിത്രത്തിൽ വൻവഴിത്തിരിവ് സൃഷ്ടിച്ചു. 'ടണലിങ്' എന്ന പ്രക്രിയയുടെ 'ക്വാണ്ടം ബലതന്ത്രപ്രഭാവ' ത്തെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തിയുള്ളതായിരുന്നു ഇതിന്റെ പ്രവർത്തനം. 'സ്റ്റൈലസ്' എന്ന വളരെ കൂർത്ത ഒരു നിരീക്ഷണ സംവിധാനം അഥവാ 'പ്രോബ്' ഉപയോഗിച്ചു കൊണ്ടുള്ളതാണ് ഇതിന്റെ പ്രവർത്തനം. മുനയുടെ ഭാഗത്ത് ഒരാറ്റത്തിനുമാത്രം സ്ഥിതിചെയ്യാൻ കഴിയുന്ന തരത്തിൽ കൂർത്തതാണ് ഈ 'പ്രോബ്'. 'പ്രോബി'ലെ ഈ മുനയ്ക്കും പ്രതലത്തിനുമിടയ്ക്കായി വളരെ നേർത്ത ഒരു വൈദ്യുത പ്രവാഹം സൃഷ്ടിച്ചുകൊണ്ടാണ് ഈ സൂക്ഷ്മദർശിനി പ്രവർത്തിക്കുന്നത്.

രാസപ്രവർത്തനം നടക്കുന്ന വേളയിൽ, തന്മാത്രാതലത്തിലുള്ള രാസമാറ്റങ്ങൾ വളരെ വേഗത്തിലാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. 1980-കളുടെ അവസാനത്തോടെമാത്രമാണ് ഇവയെ നിരീക്ഷിക്കാനുള്ള ഒരു സങ്കേതം കണ്ടെത്തപ്പെട്ടത്. അഹമ്മദ് സെവെയിൽ (Ahmed Zewail 1946-) ആണ് ഇതിന് നേതൃത്വം നല്കിയത്. ഒരു 'ഫെംന്റോസെക്കൻഡ് = 10^{-15} സെക്കന്റ്' സമയം മാത്രം നീണ്ടുനില്ക്കുന്ന തീവ്രമായ പ്രകാശം പതിപ്പിച്ച ശേഷം സ്പെക്ട്രോസ്കോപ്പ് ഉപയോഗിച്ച് നിരീക്ഷിക്കുകയായിരുന്നു ഇതിൽ ചെയ്യുന്നത്. ഒരു രാസബന്ധനം രൂപമെടുക്കാനും അത് വിട്ടുപോവാനും ഇത്രയും സമയം മതിയാവും. ഇതിലൂടെ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളെ, മുമ്പെങ്ങും സാധ്യമായിട്ടില്ലാത്ത വിശദാംശങ്ങളോടെ മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയുന്നുണ്ട്.

വൈദ്യുതി ഉപയോഗിച്ചുള്ള ഈ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെ നിരീക്ഷിക്കപ്പെടുന്ന പ്രതലത്തിന്റെ അതിസൂക്ഷ്മമായ ചിത്രം രൂപപ്പെടുത്താൻ കഴിയും. ഇതിലൂടെ ഒരു നിശ്ചിത സ്ഥാനത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ആറ്റത്തെപ്പോലും വിവേചിച്ചറിയാൻ സാധിക്കും.

രസതന്ത്രത്തിന്റെ വ്യാവസായിക മേഖലയിലെ പ്രയോഗം വിപണിയിലെ വലിയ വിപ്ലവങ്ങൾക്ക് കാരണമായി. പ്ലാസ്റ്റിക് അഥവാ സിന്തറ്റിക് പോളിമെറുകളുടെ ചരിത്രം നമുക്ക് പരിശോധിക്കാം. പൂർണമായും കൃത്രിമമായി നിർമിച്ച ആദ്യത്തെ പ്ലാസ്റ്റിക്കായിരുന്നു ബേക്കലൈറ്റ്. 1907-ൽ, ലിയോ എച്ച് ബേക്‌ലാൻഡ് ആയിരുന്നു ഇത് നിർമിച്ചത്. ഉറപ്പുള്ളതും ഭാരം കുറഞ്ഞതുമായ ഇതുപയോഗിച്ച് ബ്രഷ് രോമങ്ങൾ മുതൽ പാചകപ്പാത്രങ്ങളുടെ പിടിവരെയുള്ള സാധനങ്ങൾ നിർമിച്ചു. 1938-ൽ, വാലസ് ഹ്യൂം കരോത്തേഴ്സ് വികസിപ്പിച്ച 'നൈലോൺ' വിപണിയിലെത്തിയിരുന്നു. പോളിമെറുകൾ നിർമിക്കാനുള്ള പുതിയൊരു മാർഗം 1950കളുടെ തുടക്കത്തിൽ കണ്ടുപിടിച്ചതോടെ പ്ലാസ്റ്റിക് സർവസാധാരണമായി. കട്ടികൂടിയ പോളിഎത്തിലീൻ, പോളിപ്രൊപ്പിലീൻ എന്നിവ ഇതിൽ ഉൾപ്പെട്ടിരുന്നു. സെയ്ഗ്ലെർ, ഗിലിയോ നട്ട തുടങ്ങി അനവധി ശാസ്ത്രജ്ഞർ സ്വതന്ത്രമായി ഈ കണ്ടെത്തലിലേക്കെത്തിയിരുന്നു. കാൾ സെയ്ഗ്ലെർ, ഗിലിയോ നട്ട തുടങ്ങിയവർ ഇവരിൽപ്പെടുന്നു. പോളിമെറുകളിൽ മിക്കവയും വൈദ്യുത-താപരോധകങ്ങളാണ്. പിൽക്കാലത്ത് വൈദ്യുതചാലകങ്ങളായ പോളിമറുകൾ കണ്ടെത്തുകയുണ്ടായി ലോഹങ്ങളെക്കാൾ ഭാരം കുറവായതിനാലും വിലകുറവായിരുന്നതിനാലും അവ വളരെ വേഗം സാർവത്രികമായി.



വൻതോതിലുള്ള വ്യവസായങ്ങളുടെയും രാസപദാർത്ഥങ്ങളുടെയും വരവ് നമ്മുടെ പരിസ്ഥിതിയെ സാരമായി ബാധിക്കുകയുണ്ടായി. സ്പ്രേ-കാനുകളിൽ പ്രൊപെല്ലെൻറ് ആയും ശീതീകരണികളിൽ അമോണിയയ്ക്ക് പകരമായും ഉപയോഗിക്കപ്പെട്ട ക്ലോറോ-ഫ്ളൂറോ കാർബണുകളാണ് ഇതിനുള്ള ഒരു ഉദാഹരണം. പ്രതിപ്രവർത്തനശേഷി കുറഞ്ഞ ഇവയ്ക്ക് അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഉയർന്ന വിതാനങ്ങളിലേക്കെത്താനും അവിടെവച്ച് സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള അൾട്രാവയലറ്റ് വികിരണങ്ങളാൽ വിഘടിപ്പിക്കപ്പെട്ട ക്ലോറിൻ ആറ്റങ്ങളെ പുറത്തുവിടാനും കഴിയും. ഈ ക്ലോറിൻ ആറ്റങ്ങൾ ഓസോണുമായി സംയോജിക്കുന്നതിലൂടെ ഓസോൺ പാളിയുടെ നാശത്തിന് കാരണമായിത്തീരുന്നു. ഭൂമിയുടെ സുരക്ഷാകവചമാണ് ഓസോൺ പാളി. 1990-കൾ മുതൽ ക്ലോറോ ഫ്ളൂറോ കാർബണുകളുടെ ഉപയോഗത്തിൽ നിയന്ത്രണമുണ്ടായി. താരതമ്യേന ദോഷരഹിതമായ രാസപദാർത്ഥം എത്രത്തോളം മാരകമായിത്തീരാം എന്നതിനുള്ള ഉദാഹരണമാണിത്. ആധുനിക ശാസ്ത്രം ഇന്ന് നേരിടുന്ന ഈ വെല്ലുവിളികളെ ചെറുത്തുനില്ക്കുക എന്നത് രസതന്ത്രത്തിന്റെ കഥയിലെ ഏറ്റവും രസകരമായ അധ്യായമായിരിക്കും. അതിനായി നമുക്ക് കാത്തിരിക്കാം.

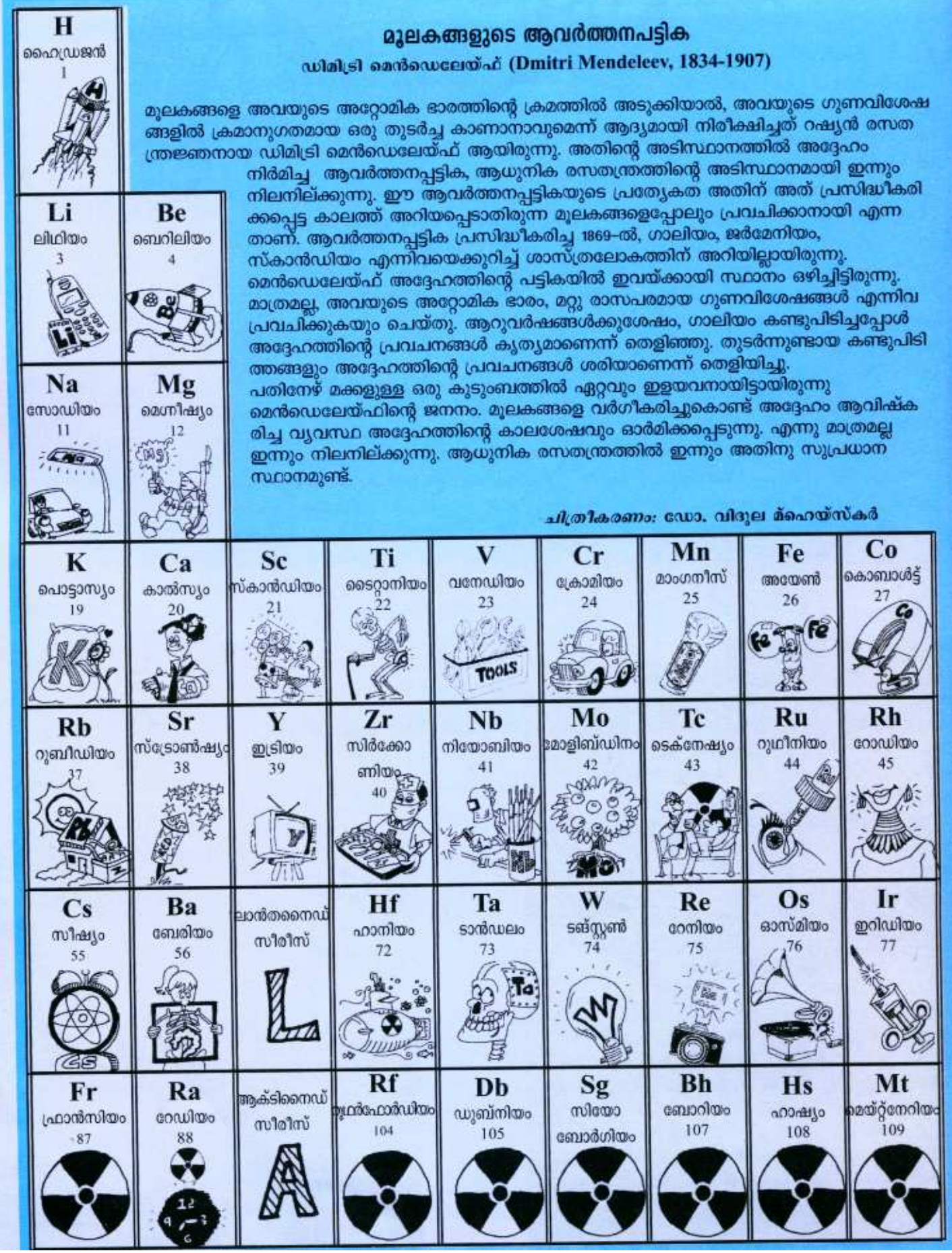
മൂലകങ്ങളുടെ ആവർത്തനപട്ടിക

ഡിമിട്രി മെൻഡെലേയ്ഫ് (Dmitri Mendeleev, 1834-1907)

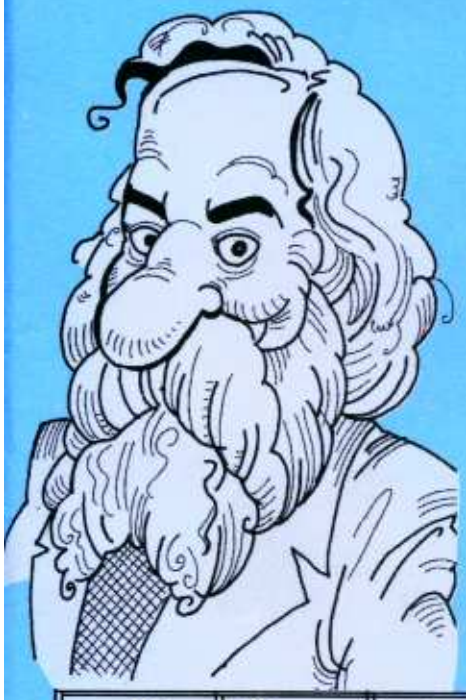
മൂലകങ്ങളെ അവയുടെ അറ്റോമിക ഭാരത്തിന്റെ ക്രമത്തിൽ അടുക്കിയാൽ, അവയുടെ ഗുണവിശേഷങ്ങളിൽ ക്രമാനുഗതമായ ഒരു തുടർച്ച കാണാനാവുമെന്ന് ആദ്യമായി നിരീക്ഷിച്ചത് റഷ്യൻ രസതന്ത്രജ്ഞനായ ഡിമിട്രി മെൻഡെലേയ്ഫ് ആയിരുന്നു. അതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അദ്ദേഹം നിർമിച്ച ആവർത്തനപ്പട്ടിക, ആധുനിക രസതന്ത്രത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനമായി ഇന്നും നിലനില്ക്കുന്നു. ഈ ആവർത്തനപ്പട്ടികയുടെ പ്രത്യേകത അതിന് അത് പ്രസിദ്ധീകരിക്കപ്പെട്ട കാലത്ത് അറിയപ്പെടാതിരുന്ന മൂലകങ്ങളെപ്പോലും പ്രവചിക്കാനായി എന്നതാണ്. ആവർത്തനപ്പട്ടിക പ്രസിദ്ധീകരിച്ച 1869-ൽ, ഗാലിയം, ജർമേനിയം, സ്കാൻഡിയം എന്നിവയെക്കുറിച്ച് ശാസ്ത്രലോകത്തിന് അറിയില്ലായിരുന്നു. മെൻഡെലേയ്ഫ് അദ്ദേഹത്തിന്റെ പട്ടികയിൽ ഇവയ്ക്കായി സ്ഥാനം ഒഴിച്ചിട്ടിരുന്നു. മാത്രമല്ല, അവയുടെ അറ്റോമിക ഭാരം, മറ്റു രാസപരമായ ഗുണവിശേഷങ്ങൾ എന്നിവ പ്രവചിക്കുകയും ചെയ്തു. ആറുവർഷങ്ങൾക്കുശേഷം, ഗാലിയം കണ്ടുപിടിച്ചപ്പോൾ അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രവചനങ്ങൾ കൃത്യമാണെന്ന് തെളിഞ്ഞു. തുടർന്നുണ്ടായ കണ്ടുപിടിത്തങ്ങളും അദ്ദേഹത്തിന്റെ പ്രവചനങ്ങൾ ശരിയാണെന്ന് തെളിയിച്ചു.

പതിനേഴ് മക്കളുള്ള ഒരു കുടുംബത്തിൽ ഏറ്റവും ഇളയവനായിട്ടായിരുന്നു മെൻഡെലേയ്ഫിന്റെ ജനനം. മൂലകങ്ങളെ വർഗീകരിച്ചുകൊണ്ട് അദ്ദേഹം ആവിഷ്കരിച്ച വ്യവസ്ഥ അദ്ദേഹത്തിന്റെ കാലശേഷവും ഓർമിക്കപ്പെടുന്നു. എന്നു മാത്രമല്ല ഇന്നും നിലനില്ക്കുന്നു. ആധുനിക രസതന്ത്രത്തിൽ ഇന്നും അതിനു സുപ്രധാന സ്ഥാനമുണ്ട്.

ചിത്രീകരണം: ഡോ. വിദുല മ്ഹെയ്സ്കർ



1955-ൽ കണ്ടുപിടിക്കപ്പെട്ട് മെൻഡലീവിയം എന്ന മൂലകത്തിന് ആ പേര് നല്കിയത് അദ്ദേഹത്തിന്റെ സ്മരണാർത്ഥമായിരുന്നു. ഇവിടെച്ചേർത്തിരിക്കുന്ന ആവർത്തനപ്പട്ടികയുടെ മാതൃക തയ്യാറാക്കിയത് 'സൗത്ത് ആഫ്രിക്കൻ ഏജൻസി ഫോർ സയൻസ് ആന്റ് ടെക്നോളജി അഡ്വാൻസ്മെന്റ്' എന്ന സംഘടനയാണ്. ഓരോ മൂലകത്തിന്റേയും കോളത്തിൽ, അതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് നിത്യ ജീവിതത്തിൽ ഉപയോഗത്തിലിരിക്കുന്ന ഏതെങ്കിലുമൊരു വസ്തു സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. മൂലകങ്ങളുടെ പ്രതീകം, അറ്റോമിക സംഖ്യ, എന്നിവയും ചേർത്തിട്ടുണ്ട്.



															He ഹീലിയം 2
						B ബോറോൺ 5	C കാർബൺ 6	N നൈട്രജൻ 7	O ഓക്സിജൻ 8	F ഫ്ളൂറിൻ 9	Ne നിയോൺ 10
						Al അലൂമിനിയം 13	Si സിലിക്കൺ 14	P ഫോസ്ഫറസ് 15	S സൾഫർ 16	Cl ക്ലോറിൻ 17	Ar ആർഗൺ 18
Ni നിക്കൽ 28	Cu കോപ്പർ 29	Zn സിങ്ക് 30	Ga ഗാലിയം 31	Ge ജർമേനിയം 32	As ആഴ്സനിക് 33	Se സെലേനിയം 34	Br ബ്രോമിൻ 35	Kr ക്രിപ്റ്റോൺ 36			
Pd പലേഡിയം 46	Ag സിൽവർ 47	Cd കാഡ്മിയം 48	In ഇൻഡിയം 49	Sn ടിൻ 50	Sb ആന്റിമണി 51	Te ടെലൂറിയം 52	I അയഡിൻ 53	Xe സിനോൺ 54			
Pt പ്ലാറ്റിനം 78	Au ഗോൾഡ് 79	Hg മെർക്കുറി 80	Tl താലിയം 81	Pb ലെഡ് 82	Bi ബിസ്മത്ത് 83	Po പൊളോണിയം 84	At അസ്റ്റാറ്റിൻ 85	Rn റഡോൺ 86			
L	La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
							ലാൻതനൈഡ് സീരീസ്								
A	Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103
							ആക്ടിനൈഡ് സീരീസ്								

പേരെഴുതാം

രസതന്ത്രവൃക്ഷം ഇതാ കായ്ച്ചിരിക്കുന്നു.
ഓരോ ഫലങ്ങളുടെയും പേരുകൾ എഴുതൂ. കൂടുതൽ വേണമെങ്കിൽ
വരച്ചു ചേർക്കണം.

രസതന്ത്ര വൃക്ഷം നിറയെ ഫലങ്ങൾ!

രസതന്ത്രത്തിന് ഇന്നുണ്ടായ വളർച്ച അത്ഭുതകരമാണ്. ആറ്റ ങ്ങൾ, തന്മാത്രകൾ എന്നീ സങ്കല്പനങ്ങളിൽ നിന്നും സാങ്കേ തികവിദ്യയുടെയും ജീവന്റെ അടിസ്ഥാനപ്രക്രിയകളുടെയും വികാസങ്ങളിലേക്ക് എത്തിച്ചേർന്നിരിക്കുന്നു. ഓരോ നൂതന കണ്ടുപിടിത്തങ്ങൾക്കും പിന്നിൽ അതിശയകരമായ കഥക ളുമുണ്ട്. ഇവ രസകരമായ ശാസ്ത്രചരിത്രത്തിലേക്കാണ് നമ്മെ നയിക്കുന്നത്.

രസതന്ത്രത്തിന്റെ വികാസം, ദ്രവ്യത്തിന്റെ ശാസ്ത്രം എന്നിവ യുടെ പുരാതനത്വത്തിൽ നിന്നും ആധുനികത്വത്തിലേക്കുള്ള വളർച്ചയെക്കുറിച്ചാണ് ഈ പുസ്തകത്തിൽ പ്രതിപാദിക്കുന്നത്. തങ്ങളുടെ ചുറ്റുമുള്ള പ്രതിഭാസങ്ങളെ ജിജ്ഞാസയോടെ നോക്കിക്കാണുന്ന നിരവധി തലമുറകൾക്ക് രസതന്ത്രത്തിന്റെ ഇന്നോളമുള്ള സംഭാവനകൾ ഇതിലൂടെ മനസ്സിലാക്കാൻ സാധി ക്കുന്നു. സുഗ്രഹമായ അവതരണവും സുവ്യക്തമായ ചിത്ര ങ്ങളും ഈ പുസ്തകത്തെ ഹൈസ്കൂൾ വിദ്യാർത്ഥികൾക്കും മറ്റു വായനക്കാർക്കും ഒരുപോലെ പ്രിയങ്കരമാക്കുന്നു.

അനിർബൻ ഹസ്ര ഇന്ത്യൻ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട് ഓഫ് കെമിസ്ട്രിയിൽ നിന്നും ബിരുദവും യു എസിലെ പ്രിൻസ്റ്റൺ യൂണിവേഴ്സിറ്റിയിൽ നിന്നും പി എച്ച് ഡിയും എടുത്തു. തിയോറിറ്റിക്കൽ കെമിസ്ട്രിയിലായിരുന്നു ഗവേഷണം നടത്തിയത്. ഇപ്പോൾ പെൻസിൽവേനിയ യൂണിവേഴ്സിറ്റിയിൽ പോസ്റ്റ് ഡോക്ടറൽ സ്കോളർ ആണ്.

മധുവന്തി അനന്തരാജൻ ഫ്രീലാൻസ് ചിത്രകാരിയും ഡിസൈനറുമാണ്. ബറോഡയിലെ മഹാരാജ സായാജിറാവു യൂണിവേഴ്സിറ്റിയിൽ നിന്നും ചിത്ര കലയിൽ ബിരുദാനന്തരബിരുദം നേടി.

അരുൺകുമാർ എൻ എസ് ശാസ്ത്രപുസ്തകങ്ങളും ശാസ്ത്രസംബന്ധി യായ നിരവധി ലേഖനങ്ങളും രചിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ISBN 81-8499-151-2
9788184991553
KSICL
വില ₹ 50.00
www.ksicl.org
കേരള സംസ്ഥാന ബാലസാഹിത്യ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട്